

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

Eliana Aparecida Cadoná

**CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PELO USO AGRÍCOLA DE
DEJETOS DE SUÍNOS NA BACIA HIDROGRÁFICA RIO
CORUJA/BONITO, BRAÇO DO NORTE/SC**

Florianópolis
2017

Eliana Aparecida Cadoná

**CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA PELO USO AGRÍCOLA DE
DEJETOS DE SUÍNOS NA BACIA HIDROGRÁFICA RIO
CORUJA/BONITO, BRAÇO DO NORTE/SC**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Mestre em
Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Cledimar Rogério
Lourenzi

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo
Lorensi de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Cláudio
Roberto Fonseca Sousa Soares

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cadoná, Eliana Aparecida
Contaminação da água pelo uso agrícola de dejetos
de suínos na Bacia Hidrográfica R16 Coruja/Bonito,
Braço do Norte/SC / Eliana Aparecida Cadoná ;
orientador, Clodimar Rogério Lourenzi;
coorientador, Eduardo Lorensi de Souza,
coorientador, Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares.
- SC, 2017.
139 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Suinocultura. 3.
Qualidade ambiental. 4. Efluentes. I. Lourenzi,
Clodimar Rogério. II. Lorensi de Souza, Eduardo.
III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV.
Título.

Contaminação da Água pelo Uso Agrícola de Dejetos de Suínos na Bacia Hidrográfica Rio Coruja/Bonito, Braço do Norte/SC”

Por

Eliana Aparecida Cadoná

Dissertação julgada adequada em 17/02/2017, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção da título de Mestre em Agroecossistemas, Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/ UFSC.

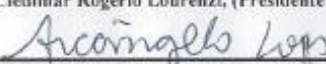


Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho (Coordenador do Programa)

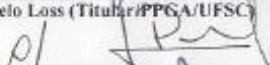
Banca Examinadora:



Cledimar Rogério Lourenzi, (Presidente /Orientador)



Arcângelo Loss (Titular/PPGA/UFSC)



Tales Tiecher (Titular Externo/Dep. de Solos / UFRGS)



Rafael Ricardo Cantú (Titular Externo/Epagri)

Candidata ao título:



Eliana Aparecida Cadoná

Florianópolis, 17/02/2017

DEDICO

Aos meus pais, Elido e Eulália,
A minha Avó Júlia,
Ao meu tio Enésio Antonio Schwaab (*in memoriam*)

Meus maiores exemplos como pessoas e profissionais!

AMO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as oportunidades.

Aos meus pais, Elido e Eulália, por todo amor, ensinamentos, força, dedicação, apoio financeiro, por tudo que fizeram por mim, por acreditarem em meus sonhos, quando nem eu acreditava mais, pela compreensão nos momentos de ausência, pela distância e saudades. Por serem sempre exemplos de profissionais e de pessoas para mim. Não há palavras para descrever o amor que sinto por vocês.

À minha avó Júlia, que me cuidou, por sempre incentivar as pessoas a estudarem, pois “o estudo é a única coisa que não roubam da gente”. Todos os voos que lancei em minha vida foi graças a senhora, que sempre ensinou a importância do estudo e da honestidade para conseguirmos algo.

Ao meu orientador, Dr. Cledimar Rogério Lourenzi, inicialmente pela confiança depositada, por todos os ensinamentos dentro e fora do laboratório, pelo apoio no decorrer do mestrado, por todas as conversas e risadas, pela amizade e compreensão, por ser um exemplo de profissional.

Aos meus coorientadores, Dr. Eduardo Lorensi de Souza, por ter me incentivado na busca do mestrado, por acreditar no meu potencial, além da amizade, força, auxílio e por todos os churrascos e cervejas; e ao Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares, pelo auxílio nas análises estatísticas e pela disponibilidade de material das análises microbiológicas no decorrer do desenvolvimento do trabalho.

Às minhas amigas, Sidiane Betina Beuter, mais que uma amiga, minha irmã de coração, esteve junto nos piores e nos melhores momentos, que sempre me deu força nestes 10 anos de amizade, viveu esse sonho junto comigo e neste período mesmo estando geograficamente a mais de 700 km de distância estava junto comigo; à Vanessa Luana Thomas, “a tipa”, nesses anos de amizade sempre companheira pra tomar uma cerveja e dar risada, por toda a cumplicidade, a minha copiloto, foram alguns quilômetros rodados tomando mate, mas também, pelo apoio nos momentos de fraqueza e tristeza.

Às doutorandas Paula Beatriz Sete que, desde o dia que cheguei ao laboratório, tornou-se uma grande amiga e companheira, preocupando-se comigo, auxiliou em todas as análises e no campo, além da convivência e compreensão; e Ana Cecília Guedes, por toda a amizade, coleguismo, companheirismo e pelas conversas e risadas.

Aos bolsistas de iniciação científica Eduarda Carvalho Rampinelli, Andrei Lucas Bez Tieppo, Alcenir Cláudio Bueno e Bruna Franciny Kamers, por todo o auxílio no campo e no laboratório, bem

como pela amizade, coleguismo, companheirismo, por toda a convivência e por me adotarem como a “titia”.

Aos professores da UERGS/Três Passos, Dr^a Divanilde Guerra, Dr^a Luciane Sippert e Ms. Robson Evaldo Gehlen Bohrer, que sempre me incentivaram na busca pelo mestrado, por todas as palavras de orientação, bem como pela amizade, e ao professor Dr. Mastrângello Enívar Lanzasova, pela amizade e incentivos, bem como pela cedência do espaço e estrutura da UERGS/Três Passos.

Aos professores da UFSC, Dr. Luis Carlos Pittol Martini e Dr. Antônio Airton Auzani Uberti, por toda as contribuições e sugestões ao desenvolvimento desse trabalho; aos professores Dr. Paulo Emílio Lovato e Dr. Arcângelo Loss, que sempre disponibilizaram seus laboratórios, bem por todas as sugestões.

Aos Professores da UFSM, Dr. Gustavo Brunetto, pelo auxílio na realização das análises e pelas palavras de orientação; e o Dr. Paulo Ademar Avelar Ferreira pelas análises estatísticas.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Tales Tiecher (UFRGS) e Dr. Rafael Ricardo Cantú (Epagri/Itajaí) pelo aceite em compor a banca avaliadora e sugestões ao trabalho.

Aos doutorandos do Laboratório de Ecologia de Solo, Marcos Leandro dos Santos, pela amizade e coleguismo, pelas palavras de força, por todas as vezes que realizou as análises no espectrofotômetro de absorção atômica, pelas ideias para os resumos, artigos, gráficos, e à Vanessa Tedesco, que sempre disponibilizou seu espaço e tempo para a realização das minhas análises microbiológicas, bem como pelas palavras amigas.

Aos ex-colegas dos tempos da UERGS, Diego Maciel, Deise Neitzke, Cristiane Rodrigues, Silvia da Silva, Daniela Bobato, por toda a amizade e que mesmo na correria da vida de cada um, conseguimos achar tempo para sentar, tomar um mate ou uma cerveja e conversar.

Aos colegas de mestrado Luiz Henrique dos Santos, Bárbara dos Santos Ventura e Cleiton Júnior Ribeiro Lazzari pelo auxílio na coleta de solo; aos demais colegas Guilherme Wilbert Ferreira, Lucas Benedet, Janaína Heizen, Jamilli Almeida Salume, Tais Morais Barbosa, por todo o auxílio; aos bolsistas de iniciação científica Matheus Junckes Muller, Mariana Schlickmann, Camilo Mendes Sepulveda, Maiara Mendes de Azevedo, Lucas Dupont Giumbelli por todo o auxílio prestado e análises desenvolvidas.

À Jéssica Antunes e Bianca Meotti, do Labeflu, pela cedência do espaço e análises desenvolvidas.

À Dr.^a Viviane Capoane, pela disponibilidade na resolução de dúvidas e disponibilidade de metodologias de análises.

Aos produtores Waldir, Valério, Arlindo e Sidnei, que sempre cederam gentilmente suas propriedades para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao TSGA/UFSC, por todo o auxílio financeiro e logístico para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À Capes, pela oportunidade da bolsa.

À todas as pessoas que na minha vida acadêmica, ou fora dela, de uma maneira ou outra estiveram junto comigo nesta caminhada.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!!!!

Na minha vida tudo acontece
Quanto mais a gente rala, mais a gente cresce

....

A vida me ensinou a nunca desistir
Nem ganhar, nem perder apenas procurar evoluir
Podem me tirar tudo o que eu tenho
Só não podem me tirar as coisas boas que eu fiz pra quem eu amo

*Dias de luta, dias de glória
Charlie Brown Jr.*

Se alguém
Já lhe deu a mão
E não pediu mais nada em troca
Pense bem, pois é um dia especial
Eu sei que não é sempre
Que a gente encontra alguém
Que faça o bem
E nos leve desse temporal
O amor é maior que tudo
Do que todos, até a dor se vai
Quando o olhar é natural
Sonhei que as pessoas eram boas
Em um mundo de amor
E acordei nesse mundo marginal

Dia Especial
Cidadão Quem

RESUMO

A atividade suinícola é a grande propulsora das economias regionais e estaduais no Sul do Brasil. No entanto, vários aspectos ambientais são discutidos em relação a essa atividade, pois os efluentes gerados possuem elementos como N, P, Cu, Zn, Mn, entre outros, além de bactérias, em especial do grupo coliformes que podem ocasionar contaminação do solo e, especialmente, de mananciais hídricos. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água influenciada pelo uso de dejetos de suínos em propriedades agrícolas na bacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito, no município de Braço do Norte, SC. As coletas de água e solo foram realizadas em quatro propriedades agrícolas do município, sendo uma que não há criação de suínos e três que possuem criação de suínos e utilizam os dejetos em áreas agricultáveis, além de três pontos do rio Coruja. No total, foram amostrados 15 pontos, sendo cinco poços de abastecimento, cinco açudes, duas nascentes e três pontos do Rio Coruja. Em cada ponto foi avaliada a qualidade da água através da realização de cinco coletas a campo, no período de julho/2015 a junho/2016, além de uma coleta de solo em dezembro/2015. Os parâmetros avaliados foram: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes, demanda química de oxigênio (DQO), NO_3^- , NH_4^+ , teores totais, dissolvidos e particulados de P, Ca, Mg, K, Na, Cu, Zn, Mn e C. Para o solo foram realizadas as determinações de pH, H+Al, teores trocáveis de Al, Ca e Mg, teores disponíveis de P, K, Na, Mn, Cu e Zn, COT e N mineral. A bacia do Rio Coruja/Bonito apresenta altos índices de eutrofização em todos os pontos de coleta estudados, sendo que o solo das propriedades apresenta papel importante nesse processo, contribuindo para os teores de P na água. Em relação a presença de N na água, mesmo estando dentro dos limites estabelecidos, a chegada desse elemento na água é constante, sendo atribuído a constante aplicação de dejetos suínos nas áreas agricultáveis. A presença de coliformes totais e termotolerantes, além dos metais pesados, também indicam alto grau de contaminação dos pontos avaliados. Dessa forma, é urgente a adoção de práticas que visam a proteção ambiental no local de estudo, uma vez que a microbacia do Rio Coruja/Bonito sofre grande pressão antrópica, refletindo na degradação ambiental, podendo provocar problemas de saúde pública às populações abastecidas pela água dessa microbacia, em decorrência, especialmente, da carga microbiológica, de nutrientes e metais pesados, o que torna o tratamento convencional da água mais custoso aos órgãos públicos.

Palavras-chave: Suinocultura; Qualidade ambiental; Efluentes.

ABSTRACT

Pig farming is the main driver of regional and state economies in the South of Brazil. However, several environmental aspects are being discussed in relation to this activity, since the effluents of this activity have elements such as N, P, Cu, Zn, Mn, among others, besides bacteria, especially of the coliforms group, that can cause contamination of the soil and, especially, of water sources. Thus, the objective of this work was to evaluate the water quality influenced by the application of swine manure on agricultural properties in the Rio Coruja/Bonito watershed, in Braço do Norte county, SC. Soil and water harvesting was carried out in four rural properties of the county, one of which does not have pig farms and three have pig farms and use the waste in agricultural areas, in addition to three points in the Rio Coruja. At each point, the water quality was evaluated through five field surveys, from July/2015 to June/2016, in addition to a soil sampling in December/2015. The parameters evaluated were: pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, total dissolved solids, thermotolerant coliforms, chemical oxygen demand, NO_3^- , NH_4^+ , levels of total, dissolved and particulate contents of P, Ca, Mg, K, Na Cu, Zn, Mn and C. To soil, were determined the pH, H+Al, exchangeable contents of Al, Ca and Mg, available contents of P, K, Na, Mn, Cu and Zn, TOC and mineral N. The basin of the Rio Coruja/Bonito presents high eutrophication rates in all the collection points studied, being that the soil of the properties presents important role in this process, contributing to the contents of P in the water. Regarding the presence of N in the water, even though within the limits established in the majority of the collected samples, the arrival of these compounds in the water is something constant in the points of study, being attributed this process the constant application of swine manure in the areas. The presence of total and thermotolerant coliforms, in addition to heavy metals, also indicate a high degree of contamination of the evaluated points. Thus, it is urgent to adopt practices that aim at environmental protection at the study site, since the watershed of the Coruja/Bonito River suffers great anthropogenic pressure, reflecting environmental degradation, and may cause public health problems to the populations supplied by water microbial load, nutrients and heavy metals, which makes conventional water treatment costlier to public agencies.

Keywords: Swine breeding. Environmental quality. Effluents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação e temperaturas médias observadas no período de estudo. Fonte: INMET.....	43
Figura 2. Valores de pH observados nos pontos de estudo da bacia Rio Coruja/Bonito, nas propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).....	57
Figura 3. Valores de OD observados nos pontos de estudo na bacia do Rio Coruja/Bonito, para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).....	59
Figura 4. Valores de NH_4^+ nos pontos de estudo da microbacia do Rio Coruja/Bonito, para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).....	61
Figura 5. Valores de NO_3^- nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito, para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).....	63
Figura 6. Valores de P total (dissolvido + particulado) para os pontos PA1.1 (a), PA1.2 (b), A1.1 (c) e A1.2 (d).	65
Figura 7. Valores de P total (dissolvido + particulado) obtidos nos pontos PA2 (a), N2 (b), A2 (c), PA3 (d), N3 (e) e A3 (f).	66
Figura 8. Valores de P total (dissolvido + particulado) obtidos nos pontos PA4 (a), R1 (b), A4 (c), R1 (d), R2 (e) e R3 (f).	67
Figura 9. Teores de Cu dissolvido observados nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).	75
Figura 10. Teores de Zn total observados nos pontos de estudo da microbacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).	77
Figura 11. Teores de Mn total observados nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).	78
Figura 12. Valores para DQO observados nos pontos de estudo na bacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2(b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do Estado Trófico. Adaptado de CETESB (2012).....	27
Tabela 2. Resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), Cu dissolvido, P total (Pt), Mn total, NO_3^- , N amoniacal total, Zn total para as classes de água doce.....	38
Tabela 3. Caracterização e localização de cada ponto de coleta de água na microbacia do Rio Coruja/Bonito.....	44
Tabela 4. Número Mais Provável de Coliformes Totais e Termotolerantes obtidos nos pontos de estudo da bacia Rio Coruja/Bonito.	54
Tabela 5. Correlação de Pearson entre os teores de N mineral na água e no solo e os teores de P solúvel na água e P disponível no solo.	62
Tabela 6. Correlação de Pearson para os teores de NH_4^+ e NO_3^- observados nos pontos de coleta.	64
Tabela 7. Teores de P total (mg dm^{-3}) e Índice de Estado Trófico (IET) observados para os pontos de estudo na bacia Rio Coruja/Bonito.	69
Tabela 8. Valores de Ca e Mg dissolvido, dureza, condutividade elétrica (CE) e sólidos dissolvidos totais (SDT) obtidos para os pontos de estudo na microbacia do Rio Coruja/Bonito.....	72
Tabela 9. Teores médios das formas de K e Na obtidos nas coletas realizadas nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito.	73
Tabela 10. Correlação de Pearson para os valores de CE e SDT observados nos pontos de coleta.	74
Tabela 11. Teores de Matéria Orgânica dissolvida observados nos pontos de estudo na bacia do Rio Coruja/Bonito.....	80
Tabela 12. Valores de pH, teores de Al trocável, MO e H+Al para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.....	83
Tabela 13. Teores de N mineral, P e K disponível para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.	86
Tabela 14. Teores de Ca e Mg disponíveis para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.	88
Tabela 15. Teores de Cu, Zn e Mn disponível para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.	90
Tabela 16. Resolução CONAMA nº 420/2009 para os parâmetros Cobre e Zinco em solo e água subterrânea.....	91

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Parâmetros químicos da água – Fósforo	107
Anexo 2. Parâmetros químicos da água – Cálcio	109
Anexo 3. Parâmetros químicos da água – Magnésio.....	111
Anexo 4. Parâmetros químicos da água – Potássio	113
Anexo 5. Parâmetros químicos da água – Sódio	115
Anexo 6. Parâmetros químicos da água – Cobre.....	117
Anexo 7. Parâmetros químicos da água – Zinco	119
Anexo 8. Parâmetros químicos da água – Manganês	121
Anexo 9. Parâmetros químicos da água – Carbono.....	123
Anexo 10. Parâmetros químicos do solo	125
Anexo 11. Granulometria dos solos avaliados.	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas
ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal
CE - Condutividade Elétrica
COD - Carbono Orgânico Dissolvido
COT - Carbono Orgânico Total
COP - Carbono Orgânico Particulado
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina
CMAP - Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo
CL - Clorofila a
CETESB - Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo
DQO - Demanda Química de Oxigênio
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DLB - Dejetos Líquidos Bovinos
DLS - Dejetos Líquidos de Suínos
EU - Eutrófico
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FATMA - Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina
HE - Hipereutrófico
IET - Índice de Estado Trófico
IQA - Índice de Qualidade Ambiental
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCA-P - Limite Crítico Ambiental de Fósforo
MO - Matéria Orgânica
NADPH - fosfato de nicotinamida adenina dinucleotídeo
OD - Oxigênio Dissolvido
Pt - Fósforo Total
pH - Potencial Hidrogeniônico
SDT - Sólidos Dissolvidos Totais
NMP - Número Mais Provável
RS - Estado do Rio Grande do Sul
ROLAS - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos e Tecidos Vegetais para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina
SC - Estado de Santa Catarina
SE - Supereutrófico
TSGA - Tecnologias Sociais para a Gestão da Água
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
2.1. Disponibilidade de recursos hídricos	29
2.2. Suinocultura e os dejetos.....	28
2.3. Aspectos da qualidade da água.....	32
2.4. Situação do local de estudo	38
3. HIPÓTESE.....	41
4. OBJETIVOS	41
4.1. Geral.....	41
4.2. Específicos	41
5. MATERIAIS E MÉTODOS	41
5.1. Descrição do local de estudo	41
5.2. Pontos de coleta.....	43
5.3. Caracterização dos pontos de coleta.....	44
5.4. Coleta de água.....	47
5.5. Coleta de solo.....	47
5.6. Análises de água.....	48
5.7. Análises de solo.....	51
5.8. Análise estatística.....	53
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
6.1. Parâmetros microbiológicos.....	53
6.1.1. <i>Coliformes termotolerantes</i>	53
6.2. Parâmetros físico-químico.....	55
6.2.1. <i>Valores de pH</i>	55
6.2.2. <i>Oxigênio Dissolvido</i>	58
6.2.3. <i>Teores e formas de Nitrogênio</i>	60
6.2.4. <i>Teores e formas de Fósforo</i>	65
6.2.5. <i>Caracterização catiônica (Ca, Mg, K e Na), dureza, condutividade elétrica (CE) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)</i>	70
6.2.6. <i>Teores e formas de Cobre, Zinco e Manganês</i>	74
6.2.7. <i>Teores de Matéria Orgânica Dissolvida (MOD) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i>	79
6.3 Caracterização química do solo.....	82
6.3.1. <i>pH, Al trocável, matéria orgânica e H+Al</i>	82
6.3.2. <i>Teores de N mineral, P e K disponíveis</i>	84
6.3.3. <i>Teores de Ca e Mg disponível</i>	87
6.3.4. <i>Teores de Cu, Zn e Mn trocáveis</i>	88
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

Anexo 1. Parâmetros químicos da água – Fósforo.....	107
Anexo 2. Parâmetros químicos da água – Cálcio.....	109
Anexo 3. Parâmetros químicos da água – Magnésio.	111
Anexo 4. Parâmetros químicos da água – Potássio.....	113
Anexo 5. Parâmetros químicos da água – Sódio.....	115
Anexo 6. Parâmetros químicos da água – Cobre	117
Anexo 7. Parâmetros químicos da água – Zinco.....	119
Anexo 8. Parâmetros químicos da água – Manganês.....	121
Anexo 9. Parâmetros químicos da água – Carbono	123
Anexo 10. Parâmetros químicos do solo.....	125
Anexo 11. Granulometria dos solos avaliados.....	127

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade em grande expansão, segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o Brasil é o quarto maior exportador de carne suína. No Brasil está fortemente estruturada na região Sul, a qual é responsável por 54% da produção nacional (ABPA, 2016), especialmente nos estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). Tradicionalmente a suinocultura é desenvolvida em pequenas propriedades rurais, gerando um montante de dejetos e, por consequência, um passivo ambiental relacionado ao manejo desses resíduos. A principal alternativa utilizada pelos produtores para dar destino aos dejetos gerados é o uso como fonte de nutrientes em áreas de pastagem e/ou culturas de grãos (PANDOLFO et al., 2008), sendo uma forma de descarte dos dejetos produzidos nessas propriedades, favorecendo a ciclagem de nutrientes dentro do sistema produtivo (GIROTTTO, 2010a, b).

Essa prática, aumenta a fertilidade e a disponibilidade de nutrientes no solo, como observado por Scherer et al. (2010) em estudo realizado em Latossolo, Cambissolo e Neossolo, comparando a adubação mineral e o uso de dejetos líquidos de suínos (DLS). Em ambos os solos avaliados, os autores observaram incrementos nos teores de P e K na camada superficial (0-5 cm) quando da aplicação de DLS. Além disso, o uso de DLS proporciona melhorias nos atributos físicos do solo, como o aumento do tamanho e estabilidade dos agregados e decréscimo da densidade do solo (ANDRADE et al., 2016).

Entretanto, como a suinocultura é desenvolvida em pequenas propriedades que apresentam áreas agricultáveis com pequena extensão, é comum também a prática de aplicações sucessivas e/ou em volumes excessivos de dejetos nas mesmas áreas, normalmente próximo as unidades de produção (VEIGA et al., 2012). Isso traz como consequência a transferência de nutrientes por escoamento superficial e percolação, especialmente, de nitrogênio e fósforo (GIROTTTO et al., 2010ab; LOURENZI et al., 2014), podendo causar a eutrofização de mananciais de água.

Nesse sentido, mesmo apresentando aspectos positivos em relação a ciclagem de nutrientes no solo, a aplicação continuada de DLS em áreas agricultáveis de pequenas extensões e com relevo ondulado e/ou fortemente ondulado, acaba tornando-se um potencial contaminante de mananciais hídricos superficiais e subterrâneos. Essas possíveis contaminações que ocorrerem em áreas com aplicações de DLS, envolvem a qualidade da água, em decorrência das altas cargas de

nutrientes (N, P, Cu, Zn, Mn) e a sua carga microbiológica (*Escherichia coli*), acarretando possíveis danos ao ambiente e problemas para a saúde humana.

As questões ambientais decorrentes envolvem a ocorrência de processos de eutrofização dos corpos hídricos, a liberação de toxinas na água, a alteração das propriedades organolépticas da água, em decorrência da alta carga de nutrientes (AGUIAR et al., 2015).

A eutrofização, ocorre devido a elevada carga de nutrientes, em especial as formas de P e de N, que podem ocorrer em regiões de intensa atividade agrícola e/ou industrial, bem como pelo despejo de efluentes domésticos (FIA et al., 2009; BUCCI et al., 2015). A liberação de toxinas na água, ocorre a partir do crescimento exagerado de algas, em especial as algas cianofíceas, que liberam microcistinas na água, que não são removidas pelos métodos tradicionais de tratamento das águas para o consumo humano. Já as características organolépticas da água são alteradas a partir da liberação de maiores quantidades de íons dissolvidos, sendo a principal característica alterada, o gosto da água.

Para a saúde humana, pode-se afirmar que, ocorrendo a ingestão de água contaminada pela carga de nutrientes presente nos DLS, diversas reações fisiológicas e/ou doenças podem ocorrer, como exemplo, a metahemoglobinemia, gastroenterites e de maneira indireta, problemas neurológicos. A metahemoglobinemia é um quadro clínico onde o nitrato é convertido a nitrito e circula na corrente sanguínea no lugar do oxigênio na molécula heme, causando problemas de oxigenação as células que, em especial, em crianças lactantes causa processos de intoxicação e morte por asfixia (NASCIMENTO et al., 2008).

Os quadros de gastroenterites que, são provocadas pelas bactérias da família Enterobacteriaceae, causam quadros de vômitos e diarreias, que em condições de ausência de assistência básica de saúde, ocasionam o óbito em decorrência da desidratação (CORDEIRO et al., 2016). Os problemas de ordem neurológica são em decorrência da presença de cisticercos de tênia (*Taenia solium*), ocasionando a cisticercose que, caracteristicamente, é uma doença onde o cisticerco alimenta-se de massa encefálica (BRASIL, 2002). A presença de metais na água, como o cobre e o zinco, também ocasionam problemas de saúde pública. O cobre e o zinco, podem ocasionar o sobrecarregamento do sistema renal e hepático, causando anemia, letargia e vômito (CETESB, 2012a, b).

Assim sendo, a aplicação de DLS no solo deve seguir alguns cuidados como: a quantidade a ser aplicada, considerando os teores de nutrientes já presentes no solo e a necessidade da cultura a ser cultivada; a pluviometria nos dias anteriores e a previsão para os dias posteriores a

aplicação; o tipo de solo e suas características químicas, físicas e biológicas; o tipo de manejo a ser desenvolvido no solo (GONZATTO et al., 2013; ANDRADE et al., 2016).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Disponibilidade de recursos hídricos

O planeta Terra possui grandes quantidades de água, sendo considerado o recurso natural mais abundante e essencial para a manutenção da vida (CONCEIÇÃO, 2014). Aproximadamente, 80% da superfície terrestre está coberta por água e, desses, 97% é água salgada e apenas 3% é água doce (RESENDE, 2002), sendo que apenas uma pequena parcela está disponível para o consumo imediato ao ser humano e aos animais.

Dessa forma, a água é um bem precioso e um recurso natural de extrema necessidade para todos os seres vivos, porém, acaba por ser um recurso cada vez mais escasso, principalmente pelo uso indiscriminado e irracional da mesma e a ausência de políticas públicas efetivas para sua preservação (LÖBLER e SILVA; 2015; BUCCI et al., 2015).

Dentro do território brasileiro, há grande disponibilidade de água, devido a existência de grandes rios e bacias hidrográficas que, no entanto, estão distribuídas de forma heterogênea, além da grande ocupação urbana no território brasileiro, que demanda grandes quantidades de água (SOUZA et al., 2015). Nesse sentido, Alves et al. (2012), observaram que em grandes regiões metropolitanas, a deterioração da qualidade da água, ocorre através do despejo de efluente humanos e industriais, ocasionando grande aporte de material orgânico nos locais estuarinos, como ocorre na Ilha de Marajó, que caracteriza-se como o exsudato da Bacia Amazônica, que por suas características geomorfológicas e botânicas, contribui com grandes quantidades de sedimentos e materiais orgânicos.

A distribuição espacial das bacias hidrográficas no território brasileiro, foram influenciadas pelas características geológicas, de clima e temperatura. A Bacia Hidrográfica Amazônica, por exemplo, é a maior bacia hidrográfica brasileira, com grande disponibilidade de água, mas com pequena parcela da população utilizando esse recurso. Já encontra-se ali, bem como, a região das bacias do Atlântico Nordeste Oriental e do São Francisco, que compõe a Região Semi-Árida Brasileira, com déficit hídrico no interior dessas bacias, apresenta concentração populacional de, aproximadamente, no entorno dos 10%, enquanto que a Bacia do Paraná

apresenta a maior concentração populacional do País e enfrenta problemas em relação ao despejo de efluentes (BRASIL, 2016).

Neste cenário torna-se necessário o estabelecimento de padrões de qualidade da água para garantir a segurança daqueles que irão consumi-la (MERTEN & MINELLA, 2002). A qualidade da água é essencial para o desenvolvimento das atividades antrópicas, sendo elas, agropecuárias, industriais, bem como pelo abastecimento humano, que de maneira geral, tem sido desenvolvido através da construção de barragens (BUCCI et al., 2015).

Entende-se como “qualidade da água” uma forma utilizada para compreender não necessariamente o estado de pureza da água, mas sim o conjunto de características químicas, físicas e biológicas estipuladas conforme as finalidades da mesma (MERTEN & MINELLA, 2002). Além de proporcionar a ingestão de um alimento que não seja nocivo ao ser humano, bem como, a manutenção das diversas formas de vida (SILVA et al., 2008), sendo que, a avaliação da qualidade da água, deve ser composta por uma estrutura metodológica capaz de identificar as variáveis dos processos alteradores das condições naturais, bem como das possíveis respostas a essas alterações.

Para a avaliação da qualidade da água, existem parâmetros definidos pela legislação federal, no entanto, as atividades econômicas em amplo espectro não são delimitadas em regiões homogêneas. Caracteristicamente, o estado de São Paulo, que apresenta grande atividade industrial e represas para o abastecimento humano (CUCIO & PORTO, 2015), possui a Companhia Ambiental de São Paulo (CETESB) que desenvolveu metodologias para a avaliação da qualidade da água e o monitoramento do manejo dos efluentes industriais, urbanos e agrícolas. Os métodos mais utilizados para essas ações são o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET), avaliando assim, a qualidade da água e o impacto das atividades antrópicas aos corpos hídricos.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é desenvolvido a partir da metodologia de Carlson (1977), adaptado por Lamparelli (2004), onde avalia-se os seguintes parâmetros: Oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, pH, nitrato (NO_3^-), fósforo total (Pt), demanda biológica de oxigênio (DBO), temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Cada parâmetro recebe um valor entre 1 e 0 conforme sua importância no cálculo da qualidade. Para chegar-se ao valor final do IQA, utiliza-se a equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde: IQA = Índice de Qualidade da Água; q_i = qualidade do parâmetro i obtido pela curva média específica de qualidade; w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1. As faixas de qualidade são: Excelente (90 – 100), Bom (70-90), Médio (50-70), Ruim (25-50) e Muito Ruim (0-25).

Assim sendo, o IQA, é amplamente aplicado como ferramenta de avaliação da qualidade da água e da contaminação antrópica dos corpos hídricos. Em estudo desenvolvido na Represa Dr. João Penido, em Juiz de Fora (MG), Bucci et al. (2015), avaliaram o IQA em três pontos amostrais na represa e dois pontos em seus tributários. Esses autores encontraram variação de ruim a bom na qualidade da água, indicando alta carga orgânica que o corpo está recebendo, ainda articulando, a presença de vegetação ciliar com a qualidade da água, indicando que, locais com maior presença de vegetação ciliar, melhor será a qualidade do corpo hídrico.

Além do IQA, o Índice de Estado Trófico (IET) é utilizado atualmente pela CETESB, sendo uma adaptação de Carlson (1987), realizada por Lamparelli (2004), onde calcula-se o estado trófico de rios e reservatórios através de valores de fósforo total (Pt) e clorofila-a (CL), onde para rios e reservatórios, respectivamente, utilizam-se as equações:

$$IET (CL) = 10 * (6 - ((-0,7 - 0,6 * (\ln CL)) / \ln 2)) - 20 \text{ Rios}$$

$$IET (CL) = 10 * (6 - ((0,92 - 0,34 * (\ln CL)) / \ln 2)) \text{ Reservatórios}$$

$$IET (Pt) = 10 * (6 - ((1,77 - 0,42 * (\ln Pt)) / \ln 2)) - 20 \text{ Rios}$$

$$IET (Pt) = 10 * (6 - (1,77 - 0,42 * (\ln Pt) / \ln 2)) \text{ Reservatórios}$$

A partir dos valores de Pt e CL, calcula-se o IET, através de uma média aritmética, baseado na equação:

$$IET = [IET (Pt) + IET (CL)] / 2$$

Para classificar a qualidade da água, a partir do IET pode-se basear nos valores de Pt, CL ou IET, utilizando a tabela 1.

Baseando-se no IET, para o parâmetro Pt, Cúcio e Porto (2015) avaliando o Reservatório Tanque Grande, no município de Guarulhos/SP, observaram que, durante o período de 2000 a 2012, o estado trófico variou de eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, chegando no ano de 2011 ao estado de mesotrófico. Ao avaliar o IET, observando a CL, a maior parte do período de estudo caracterizou-se como mesotrófico, e a partir do ano de 2009, estabilizou-se como oligotrófico. Esses resultados demonstram que o Pt é o principal contaminante dos corpos hídricos, em decorrência da alta carga de P que os efluentes domésticos apresentam.

Além do P, existem diferentes tipos de contaminantes que podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subsuperficiais, podendo originar problemas locais ou regionais, visto que, a degradação das fontes hídricas de abastecimento vem se acentuando nas últimas décadas (MIGUEL et al., 2014). Essa degradação ocorre devido a utilização dos recursos hídricos para despejo de efluentes domésticos, industriais e agrícolas (MULLER et al., 2016), e também pelo aumento da população mundial, do consumo elevado e o grau de desperdício (SOUZA et al., 2015).

Todas essas preocupações em relação à qualidade e aos tipos de água refletem a essencialidade deste recurso não renovável em nosso planeta, visto que a classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada (MERTEN e MINELLA, 2002).

Outro fator importante e desafiador para os órgãos de gestão da água é a contaminação que a atividade agrícola e agropecuária pode causar nos corpos hídricos, sejam eles superficiais e subterrâneos, pois existem diversas fontes de poluição que podem acarretar em contaminação dos mananciais hídricos, tornando-os impróprios, especialmente, para o consumo humano, gerando uma preocupação muito grande em relação aos impactos da agropecuária ao ambiente e ao modo como vivemos e utilizamos este recurso finito (HIGARASHI et al., 2008).

Tabela 1. Classificação do Estado Trófico. Adaptado de CETESB (2012).

Classificação do Estado Trófico – Rios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação		Pt (mg dm ⁻³)	CL (mg m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47		P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52		13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59		35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63		137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67		296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	IET > 67		640 < P	7,46 < CL
Classificação do Estado Trófico – Reservatórios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi (m)	Pt (mg dm ⁻³)	CL (mg m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S > 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Pt = fósforo total; CL = clorofila-a; Secchi = disco de Secchi

2.2. Suinocultura e os dejetos

O aumento expressivo da população mundial e o desenvolvimento de grandes centros urbanos que, de maneira geral, são concentrados em regiões de maior disponibilidade de recursos hídricos (ALVES et al., 2010), ocasionou um aumento na demanda por água potável e, conjuntamente, a necessidade de alimentos também desenvolveu-se na mesma proporção (HIGARASHI et al., 2008). Nesse sentido, após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu uma transformação técnico-científica, a chamada Revolução Verde, visando o aumento na produção de alimentos, sem que houvesse aumento da área cultivada e, dessa forma, melhorando a conservação ambiental e aspectos sociais, econômicos e políticos (ALBERGONI & PELAEZ, 2007).

Além da promessa de fornecer alimentos, o novo pacote tecnológico trouxe consigo a necessidade de insumos (mecânicos, químicos e biológicos) externos à propriedade, fato este que, somado ao mau gerenciamento das propriedades agrícolas, acabou por causar impactos severos ao meio ambiente (ALBERGONI & PELAEZ, 2007), em decorrência da Revolução Verde, desenvolver-se em países com condições ambientais, sociais e econômicas diferentes da brasileira.

No sistema agrário e agrícola estabelecido no Brasil, as mudanças sofridas afetaram inicialmente, a estruturação social das propriedades familiares, ocasionando o êxodo rural e o empobrecimento urbano nas periferias dos grandes centros urbanos. Basicamente, o modelo tradicional de produção de alimentos, realizado de maneira familiar, foi substituído pelo processo de tecnificação da produção, com a introdução de equipamentos industrializados, como os tratores (SOUZA, 2011).

Nas décadas de 60 e 70, uma das modificações introduzidas pelo novo pacote tecnológico foi a criação de animais em sistemas de confinamento, através de grande e constante evolução nesse sistema, como é o caso dos suínos e das aves, utilizados para a produção de carne e de ovos. Caracteristicamente, no sistema de confinamento os animais permanecem em maior quantidade e em menores áreas, juntamente com maior número de instalações por unidade produtora, agregando um número maior de unidades produtoras nas menores áreas geográficas possíveis, ocasionando maior pressão no ambiente (GOMES et al., 2014).

Neste pacote de produção de animais em sistema de confinamento, alguns países desenvolveram grandes cadeias de produção. Em relação, a produção intensiva de suínos, segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), em seu relatório para o ano de

2016, avaliando a produção no ano de 2015, apontou a China com 56.375 milhões de cabeças produzidas, seguido pela União Européia com 23.000 milhões de cabeças, Estados Unidos da América com 11.158 milhões de cabeças, o Brasil com 3.643 milhões de cabeças e a Rússia com 2.630 milhões de cabeças (ABPA, 2016).

Nesse sentido, a suinocultura é uma das principais atividades econômicas de muitas regiões, especialmente a região sul do Brasil, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Estes estados no ano de 2015, foram responsáveis pela produção de 20,69% e 27,40%, respectivamente, da produção nacional (ABPA, 2016). Nesse sentido, Matos et al. (2009) salientam que a suinocultura é uma atividade em escala comercial internacional, de impacto econômico, social e ambiental com o intuito de manter o homem no campo.

O sistema suinícola desenvolvido, tem gerado discussões acerca da grande pressão que ocorre ao ambiente local, pois nele ocorre dependência tecnológica por parte dos produtores, além de um nível de degradação ambiental elevado e a dependência econômica dessa atividade (SOUZA, 2011). A grande problemática dos sistemas de confinamento, é a disponibilidade de água e o manejo desenvolvido com esta na propriedade, juntamente com o volume elevado de resíduos, sendo este um dos principais impasses da suinocultura (MATOS et al., 2009).

Dessa forma, a suinocultura acabou por se tornar uma atividade com alto potencial poluente para corpos hídricos superficiais e subsuperficiais. Isso ocorre, principalmente, devido a composição química e biológica dos dejetos, podendo ocasionar, quando não tratados de maneira correta, a falta de água potável para o abastecimento de populações humanas, causando também problemas na saúde humana e animal (HIGARASHI et al., 2008).

O uso dos dejetos como fonte de nutrientes às culturas em áreas agrícolas apresenta-se como principal destino desses resíduos na maioria das unidades de produção. A aplicação de dejetos líquido de suínos (DLS), apresenta como um dos principais efeitos ao solo aumento da disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e micronutrientes, entre eles o cobre (Cu) e o zinco (Zn), como observado por Adeli et al. (2008), Lourenzi et al. (2011) e Lourenzi et al. (2013).

Além de promover incremento nos teores de nutrientes, essa forma de adubação ainda promove a ativação da microbiota do solo, melhora sua estrutura, aeração, aumento nos teores de matéria orgânica e melhora a infiltração de água (ANDRADE et al., 2016; LOSS et al. 2017). No entanto, os dejetos podem ocasionar contaminação das águas e dos

solos, sendo que o NO_3^- , o P e os metais pesados presentes nos dejetos são os principais contaminantes.

Mesmo participando dos ciclos naturais, a simples presença de nutrientes na água não caracteriza um problema ambiental, mas sim as elevadas concentrações de nutrientes como o N e o P (BERTOL et al., 2010) e metais pesados como o Cu, Zn e Mn (COSTA et al., 2012). Esses elementos podem chegar aos corpos hídricos de diversas formas, como a percolação, o escoamento superficial, bem como o despejo de resíduos diretamente nos corpos hídricos.

Por apresentar elevados teores de N, os DLS são aplicados no solo como alternativa a adubação nitrogenada, no entanto, devido a grande mobilidade do N no meio, ocorrem perdas para a atmosfera nas formas NH_3 e N_2O (GONZATTO et al., 2013), bem como transferências das formas NH_4^+ e NO_3^- para mananciais hídricos por escoamento superficial (CERETTA et al., 2010) e percolação (GIROTTI et al., 2013).

Semelhante ao N, o P é encontrado em grandes quantidades nos DLS sendo, no entanto, absorvido em menores quantidades pelas plantas. Dessa forma, as aplicações de DLS ao solo, com o intuito de fornecer N às plantas, provocam acúmulo de P, especialmente, nas camadas superficiais do solo (ADELI et al., 2008; SCHERER et al., 2010).

Nesse sentido, em estudo desenvolvido, em um Argissolo, com doses de 20, 40 e 80 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de DLS, Lourenzi et al. (2013), observaram incremento nos teores de P disponível até a camada de 30 cm, no entanto, os maiores incrementos ocorreram na camada de 0-2 cm, com incremento 105, 216 e 345%, respectivamente, para as doses de 20, 40 e 80 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de DLS, quando comparado ao tratamento sem aplicação de DLS. Já Gebler et al. (2012), em estudo desenvolvido em um Cambissolo Húmico avaliando o arraste de fósforo reativo total e dissolvido na água de escoamento superficial, observaram que o maior arraste de fósforo reativo ocorreu no início das precipitações, em níveis suficientes para ocasionar danos aos sistemas aquáticos e quanto maior cobertura do solo e, ou, maior teor de matéria orgânica acumulada, menores as concentrações de P na água coletada.

Em estudo desenvolvido em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, Berwanger et al. (2008) analisando as alterações nos teores de P disponível em áreas que recebem dejetos líquidos de suíno, observaram que, a aplicação constante de DLS em sistema de plantio direto, aumentou os teores de P disponível até 15 cm de profundidade, e conseqüentemente, aumentando a saturação dos sítios de adsorção deste elemento e

favorecendo a transferência de P para mananciais hídricos por escoamento superficial.

Desta forma, as atividades agrícolas, com a aplicação de adubos fosfatados no solo e manejo de DLS, podem contribuir para o aumento dos teores de P em ecossistemas aquáticos em decorrência, principalmente do escoamento superficial (CERETTA et al., 2010; LOURENZI et al., 2015). Dessa forma, pequenos rios de bacia hidrográficas de pequenas extensões, onde a agricultura e o manejo de adubações fosfatadas ocorrem com maior intensidade, acabam sofrendo maiores danos, quando comparados a rios de grandes volumes em bacias hidrográficas com grande extensão territorial (GEBLER et al., 2012).

Além dos nutrientes, os metais pesados também são encontrados nos DLS e seu acúmulo no solo ocorre preferencialmente, nas frações orgânica e mineral, podendo serem potenciais contaminantes quando atingirem mananciais hídricos. Nesse sentido, estudos sobre as formas e espécies desses elementos, visando caracterizar sua biodisponibilidade e suscetibilidade as transferências para mananciais aquáticos (GIROTTI et al., 2010b), são necessários para o melhor manejo dos DLS no solo, visando que, em solos que recebem frequentemente aplicações de dejetos de suínos é recorrente o acúmulo desses elementos no solo, especialmente Cu e Zn (BASSO et al., 2012).

Caracteristicamente, o Cu apresenta preferencialmente o comportamento de interação com os coloides orgânicos do solo e o Zn com os coloides minerais, nesse sentido, os teores de matéria orgânica e a fração mineral do solo, acabam por tornar-se determinantes na disponibilidade desses elementos no solo, aumentando ou diminuindo o potencial poluente dos mesmos ao solo e aos corpos hídricos (TIECHER et al., 2013).

O estudo dos metais pesados e suas interações no solo é dificultado devido a existência de diversas formas de extração desses elementos em análises de solo e tecidos vegetais, sendo de difícil estabelecimento de relações com sua disponibilidade e toxidez aos animais, aos vegetais e a água. Existem extrações que remetem a valores biodisponíveis, que estão solúvel em água e trocáveis, as frações potencialmente biodisponíveis, que estão ligadas aos óxidos, a matéria orgânica e carbonatos do solo e a fração residual, que está ligada a estrutura dos minerais (TITO et al., 2012).

Em estudo avaliando formas de Cu e Zn, em um Argissolo Vermelho submetido a aplicação de dejetos de suínos, Tiecher et al. (2013), ao realizar extrações com EDTA, observaram maior acúmulo de Cu e Zn na camada de 0-2,5cm para os tratamentos analisados, sendo que,

os maiores teores foram observados nas maiores doses de dejetos. Além disso, esses autores verificaram que Cu possui maior afinidade com a matéria orgânica do solo e o Zn com a fração mineral do solo.

Como os DLS apresentam concentrações elevadas de Cu e Zn, a aplicação de dejetos ao solo aumenta os teores desses elementos, especialmente nas formas solúveis e/ou trocáveis (TIECHER et al., 2013). Aumentando os riscos de toxidez as plantas, bem como, a transferência para mananciais hídricos. Girotto et al. (2010a) observaram que, quando da aplicação de DLS, a principal forma de perda de Cu por escoamento superficial é o Cu particulado, onde as perdas foram de 2,3 vezes maiores nas áreas com aplicação de dejetos, quando comparado a áreas que não receberam aplicação.

2.3. Aspectos da qualidade da água

Dentro das diversas atividades econômicas em um ambiente de produção, existe o risco de contaminação e poluição ambiental, bem como, processos de vulnerabilidade aos ambientes. Nesse sentido, os processos de vulnerabilidade, iniciam-se com os processos de contaminação e poluição, ficando assim, definido poluição como o aumento ou qualquer alteração de determinada substância, provocada pelo efeito antrópico, afetando dessa maneira, as relações estabelecidas entre os seres vivos e a contaminação é a presença em determinado ambiente, de seres patogênicos e/ou substâncias, em concentrações acima das naturais, sendo nocivas ao homem (ALLOWAY, 1995; NASS, 2012).

Pela falta de gerenciamento e políticas públicas, os diferentes corpos hídricos, são os meios mais comumente utilizados para o descarte dos efluentes, sendo que em regiões de grande aglomerado urbano, a qualidade da água pode ser afetada pelo lançamento dos efluentes humanos e industriais (FINKLER et al., 2015), enquanto que, em regiões de produção agrícola intensa, a erosão e carreamento de partículas e contaminantes através da água pluvial, bem como pelo descarte dos efluentes animais (PANDOLFO et al., 2008), bem como pela presença de hormônios e medicamentos veterinários (PINHEIRO et al., 2015).

Os padrões de qualidade, são necessários para evitar a ocorrência de focos de contaminação das águas, especialmente, para evitar possíveis problemas de saúde pública veiculadas a qualidade da água, como as gastroenterites, salmoneloses, amebíase e giardíase, ocorrendo surtos epidêmicos, ocasionando grandes taxas de mortalidade, principalmente infantil (FREITAS et al., 2001).

Nesse sentido, Cavalcante (2014), analisando a presença de *Escherichia coli* em poços de abastecimento de uma comunidade rural no semiárido brasileiro, observou que, a presença deste microrganismo no meio rural, está ligada a ausência da proteção das fontes de abastecimento humano, manejo dos efluentes domésticos e sugere a implantação de formas alternativas de abastecimento dessas comunidades, que priorizem o fornecimento de água com segurança microbiológica.

A *E. coli*, além de ocasionar problemas de saúde humana, como as gastroenterites e as cistites, é um indicador ambiental, pois esta é restrita aos animais de sangue quente (NASCIMENTO et al., 2014; CORDEIRO et al., 2016) e sua presença em locais de abastecimento humano, é indicador que matéria fecal está sendo despejada ou entrando em contato com mananciais hídricos, de maneira direta ou indireta (DANTAS et al., 2010). Metodologicamente, a *E. coli* é de fácil determinação, ficando assim justificada sua utilização como parâmetro de avaliação, sendo que, a utilização de diversos microrganismos indicadores de contaminação é trabalhoso e oneroso para os serviços de monitoramento de mananciais hídricos (SILVA et al., 2015).

Em processo de monitoramento da qualidade da água de abastecimento público, Nascimento et al. (2016), em estudo desenvolvido na microbacia Piancó-Piranhas-Assú no Rio Grande do Norte, observaram que, na família das *Enterobacteriaceae*, ocorre preferencialmente bactérias gram-negativas, e que em poços de abastecimento humano, essas apresentam 80% do predomínio das bactérias encontradas nesse estudo.

Em relação aos elementos, o N tem causado problemas ambientais, em especial, em águas de abastecimento urbano subterrâneo (CONCEIÇÃO et al., 2014). Os processos de contaminação que o N ocasiona, tem ocorrido em decorrência, de seu ciclo na natureza apresenta complexidade de formas, que passam por processos microbiológicos para a sua utilização no ambiente. A maior parte do N do planeta se encontra na forma orgânica, estando presente em aminoácidos e proteínas (COSTA et al., 2012), sendo as formas de maior relevância, o N orgânico dissolvido e particulado, o NH_4^+ , o NO_2^- e o NO_3^- (KUNZ et al., 2007).

O NH_4^+ quando presente na água causa problemas na disponibilidade de oxigênio aos peixes, causando a morte por asfixia dos mesmos, já que, não conseguem realizar seu processo respiratório, em decorrência das interações do N com a hemoglobina, bem como, pelas alterações histológicas que ocorrem nas brânquias dos peixes, ocasionando a Doença Ambiental das Brânquias (PERREIRA & MERCANTE, 2005; NOGUEIRA et al., 2008). Além da ocorrência da

liberação de fitomassa algal, diminuindo os teores de oxigênio dissolvido, bem como, pelos processos de nitrificação e desnitrificação, onde para oxidar 1,0 mg de NH_3^+ são necessários 4,3 mg de oxigênio dissolvido do ambiente, estando em pH básico (PERREIRA & MERCANTE, 2005).

Quando o N presente na água encontra-se na forma de NO_3^- pode ocasionar uma doença chamada metahemoglobinemia ou “doença do bebê azul” que devido a formação de metahemoglobina que utiliza o O_2 circulante no sangue, impede as trocas gasosas no sangue (COSTA et al., 2012).

Além do N, o P tem se tornado foco de estudos em decorrência do seu potencial contaminante de corpos hídricos, gerando quadros de eutrofização, que ocorre pelo enriquecimento primário dos sistemas aquáticos (AGUIAR et al., 2012). Dentre os fatores naturais que podem ocasionar a eutrofização, a dissolução de rochas, é um dos fatores que afeta a disponibilidade de P no ambiente aquático, porém é uma ação natural, ocasionada pelo intemperismo químico das rochas (GEBLER et al., 2012).

Esse processo de aumento na quantidade de P ao ambiente aquático, em conjunto, com condições de luminosidade adequadas, faz com que, ocorre maior desenvolvimento de algas, diminuindo assim, o oxigênio dissolvido no meio, que por sua vez, ocasiona a morte dos organismos e liberação de material orgânico ao meio (FIA et al., 2009). Este quadro ocasiona a degradação da qualidade da água, especialmente em lagos e reservatórios, e tem a ação antrópica como o principal agente (BUCCI et al., 2015).

Além do P em solução, a presença desse nutriente em sedimentos, também ocasiona quadros de eutrofização, pois o P que encontra-se na forma particulada e o sedimentado, pode voltar ao meio aquático, quando a disponibilidade do mesmo diminui. Nesse sentido, regiões estuarinas que recebem grande aporte de sedimentos de rios, também sofrem processos de eutrofização, mesmo levando-se em consideração a constante movimentação e o fluxo de água, que carrega consigo sedimentos ricos em P (FIA et al., 2015).

Juntamente com o N e o P, em estudos de monitoramento da qualidade da água, tem sido utilizado o termo metais pesados para aqueles elementos que biologicamente são essenciais em pequenas quantidades, para os processos fisiológicos e bioquímicos. Esses metais pesados, quando ultrapassam os limites da essencialidade no ambiente, acabam por comprometer a qualidade da água e do solo, bem como interferir nos processos de equilíbrio ambiental (GONÇALVES et al., 2015).

Para o ser humano, de maneira geral, o Zn, o Cu e o Mn, são classificados como metais pesados, porém, são necessários em pequenas quantidades para o bom funcionamento do organismo. Quando presentes em quantidades acima das necessárias ao organismo, podem ocasionar quadros de contaminação e efeitos agudos e/ou crônicos que, em geral, ocasionam um quadro de stress oxidativo aos tecidos que são mais sensíveis e necessitam dos mesmos. Esse quadro de stress oxidativo, pode levar a diversas doenças, como inflamações em tecidos, lesões neurológicas, lesões em nível de DNA, no metabolismo da glicose, bem como a indução a processos mutagênicos e carcinogênicos (PORTO e ETHUR, 2009; LEITE et al., 2015).

Os DLS, também possuem grandes quantidades de metais, como o Cu, Zn e Mn. Esses elementos podem acumular no solo, especialmente nas camadas superficiais, e serem transferidos para mananciais de água, através de processos de escoamento superficial e lixiviação (GIROTTO et al., 2010b; TITO et al., 2012). Dentro deste cenário de riscos de contaminação de corpos hídricos e da necessidade da manutenção da qualidade da água, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução nº 357/2005, classifica as águas doces conforme graus de potabilidade e características físico-químicas, delimitado as águas doces como aquelas com salinidade igual ou inferior a 5‰ (CONAMA, 2005).

De acordo com a classificação do CONAMA, as águas doces estão distribuídas em cinco classes: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Sendo a classe especial, aquela em que é possível o abastecimento público humano, a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. Já para a classe 1, que engloba as águas que podem ser utilizadas pelo homem após tratamento convencional, juntamente para a preservação ambiental de comunidades aquáticas, além de recreação primária, irrigação primária e proteção das comunidades dentro de terras indígenas (BRASIL, 2005). Para as águas de classe 2, além das observações da classe anterior, é permitido a pesca e a aquicultura. Para a classe 3, o abastecimento humano é permitido a partir do tratamento convencional, a irrigação somente para culturas que não sejam prontamente consumidas, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e a dessedentação de animais, e para a classe 4, ficando somente, liberado a navegação e a harmonia paisagística.

Nesta mesma resolução, fica estabelecido alguns conceitos que assegurem a compreensão dos parâmetros que possibilitem a manutenção

das formas de vida aquática, bem como, uma substância que assegure as condições de manutenção de formas de vida. Ficando assim classificado:

ambiente lântico: aquele que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;

ambiente lótico: ambiente referente a água com movimentos continentais;

carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade da água necessários ao atendimento de usos preponderantes, atuais ou futuros;

classificação: qualificação de águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistemas de classes de qualidade) atuais e futuros;

coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperatura de 44 – 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;

condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo d'água;

efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causados por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causados por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

Escherichia coli (*E. coli*): bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é

o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorrem em densidades elevadas;

monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo d'água;

padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

parâmetro de qualidade de água: substância ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

Para os parâmetros microbiológicos, em especial os coliformes termotolerantes, a classe 1 aceita o número mais provável (NMP) não excedendo 200 coliformes por amostra ou ausência em 80% das amostras, sendo as mesmas, em quantidade mínima de seis no período de um ano. Para a classe 2, coliformes termotolerantes não excedendo 1000 coliformes termotolerantes ou ausência em 80% ou mais amostras em um período anual, com frequência bimestral de coleta. Na classe 3, coliformes termotolerantes para águas de recreação de contato secundário, com limite de 2500 coliformes termotolerantes ou em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, em um ano, coletadas bimestralmente, para a dessedentação de animais criados confinados não ultrapassando o limite de 1000 coliformes em 100 mL de amostra, sendo nos demais usos, o limite de 4000 coliformes termotolerantes.

Para os parâmetros materiais flutuantes e óleos e graxas, para todas as classes de água os mesmos devem estar visualmente ausentes, para os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos dissolvidos totais, cobre dissolvido, fósforo total, manganês total, nitrato, nitrogênio amoniacal total, zinco total, os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para cada classe de água, estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), Cu dissolvido, P total (Pt), Mn total, NO_3^- , N amoniacal total, Zn total para as classes de água doce.

Classe 1	Classe 2	Classe 3
	pH	
6,0 – 9,0	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
	OD, mg L^{-1}	
> 6	> 5	> 4
	SDT, mg L^{-1}	
< 500	< 500	< 500
	Cu dissolvido, mg L^{-1}	
< 0,009	< 0,009	< 0,013
	Nitrato, mg L^{-1}	
< 10	< 10	< 10
	N Amoniacal Total, mg L^{-1}	
< 3,7 - pH < 7,5	< 3,7 - pH < 7,5	< 13,3 - pH < 7,5
< 2,0 - pH 7,5-8,0	< 2,0 - pH 7,5-8,0	< 5,6 - pH 7,5-8,0
< 1,0 - pH 8,0-8,5	< 1,0 - pH 8,0-8,5	< 2,2 - pH 8,0-8,5
< 0,5 - pH > 8,5	< 0,5 - pH > 8,5	< 1,0 - pH > 8,5
	Mn total, mg L^{-1}	
< 0,1	< 0,1	< 0,5
	P total (ambientes lênticos), mg L^{-1}	
< 0,020	< 0,030	< 0,05
	P total (ambientes lóticos), mg L^{-1}	
< 0,1	< 0,1	< 0,15
	Zn total, mg L^{-1}	
< 0,18	< 0,18	< 5

As portarias, resoluções e ações que os diversos órgãos gestores da água publicam, refletem a grande preocupação que existe com a qualidade da água, inicialmente para o consumo humano e depois para a produção agrícola e pecuária. Além disso, refletem o quanto é preocupante a contaminação por coliformes e nutrientes em mananciais de água.

2.4. Situação do local de estudo

Em regiões que a suinocultura ocorre de maneira intensa, como ocorre no Oeste e Sul de SC, a necessidade de monitoramento ambiental é justificada pelas diferenças dos solos nos diferentes locais, bem como, das diferenças de topografia que ocorrem (GATIBONI et al., 2015). Em

conjunto com a atividade suinícola, a produção de aves e atividade leiteira, são desenvolvidas nessas regiões, apresentando um conjunto de atividades econômicas que podem provocar um passivo ambiental e, consequentemente, vulnerabilidade ambiental em relação aos efluentes produzidos.

Na bacia do Rio Coruja/Bonito, Brasil (2002) observou que a prática de aplicação de DLS sem incorporação ao solo em regiões de alta declividade, aumenta consideravelmente os teores de coliformes totais e fecais, fosfatos, nitratos, DBO, sólidos totais e turbidez das águas superficiais e subterrâneas.

Nesta mesma bacia, Hadlich (2004) analisando a qualidade da água em quatro pontos do Rio Coruja, em três pontos na área rural e um ponto na área urbana verificaram estreita relação de seus valores com contaminação por material orgânicos, como o OD, pH, DQO, DBO, nitratos, fósforo total, coliformes totais e fecais e de maneira indireta valores da condutividade elétrica. Indicando que, dos pontos de estudo do Rio Coruja, aquele que estava nas proximidades da cidade apresentou maior nível de degradação ambiental, em decorrência do acúmulo de nutrientes nos pontos a montante.

Nesta mesma microbacia, Mattias (2006) estudou a provável contaminação dos solos que recebem aplicações de dejetos de suínos, indicando as relações existem entre a fração argila do solo e a adsorção do P, juntamente com teores de matéria orgânica para a adsorção de metais pesados, demonstrando que a aplicação de DLS deve observar as necessidades dos solos e que a necessidade de solos para a aplicação de DLS irá aumentar.

Conforme observado por Couto (2014) em estudo sobre a vulnerabilidade ambiental para o P, Cu e Zn, analisando dez áreas de aplicação de DLS e uma área de referência, observando que as perdas de solo, as menores perdas ocorreram em áreas de maior cobertura de solo e as maiores em área de sucessão aveia-preta e milho. Para os teores e frações de Cu e Zn, ocorreu maior incremento nos teores nas camadas superficiais, em decorrência da aplicação de dejetos líquidos de suínos, ocorrer de maneira superficial, sem incorporação ao solo.

De maneira geral, a bacia do Rio Coruja/Bonito apresenta desde a década de 90, a segunda maior concentração de suínos no planeta (Couto, 2014). Isso gera um passivo ambiental devido ao manejo que deve ser dado aos dejetos produzidos nessa atividade. Nos estudos de Hadlich (2004) e Brasil (2002), há evidente demonstração que a poluição por coliformes nas águas dos Rios Braço do Norte e Tubarão aumentou, bem como a quantidade de matéria orgânica presente, após a ascensão da

suinocultura na bacia do Rio Coruja/Bonito, trazendo além de prejuízos ambientais, conflitos acerca da utilização da água, visto que esses rios são utilizados para abastecimento público. Além disso, a bacia do Rio Coruja/Bonito já apresenta locais com vulnerabilidade ambiental muito alta em relação ao P, em decorrência de aplicações sucessivas de dejetos suínos por longos períodos.

3. HIPÓTESE

Propriedade rural que não possui criação intensiva de suínos e aplicação constante de dejetos líquido de suínos em áreas agrícolas, pode apresentar qualidade da água superior, para parâmetros microbiológicos e físico-químicos, quando comparado as propriedades que possuem sistema de criação intensiva de suínos e aplicação de dejetos.

4. OBJETIVOS

4.1. Geral

Avaliar a qualidade da água influenciada pela atividade suinícola em propriedades agrícolas da bacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito, no município de Braço do Norte, SC.

4.2. Específicos

Avaliar e quantificar a presença de bactérias do grupo coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água coletadas na bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito;

Avaliar a demanda química de oxigênio em amostras de água coletadas na bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito;

Avaliar e quantificar a presença de sólidos dissolvidos totais nas amostras de água;

Quantificar valores de pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, formas de carbono, metais e nutrientes em amostras de água coletadas na bacia hidrográfica rio Coruja/Bonito;

Avaliar parâmetros químicos do solo em áreas adjacentes aos locais de coleta das amostras de água para verificar a relação entre os parâmetros observados no solo e na água.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Descrição do local de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito, que possui, aproximadamente, 52 km² e está inserida na bacia do Rio Tubarão, região Sudeste de Santa Catarina.

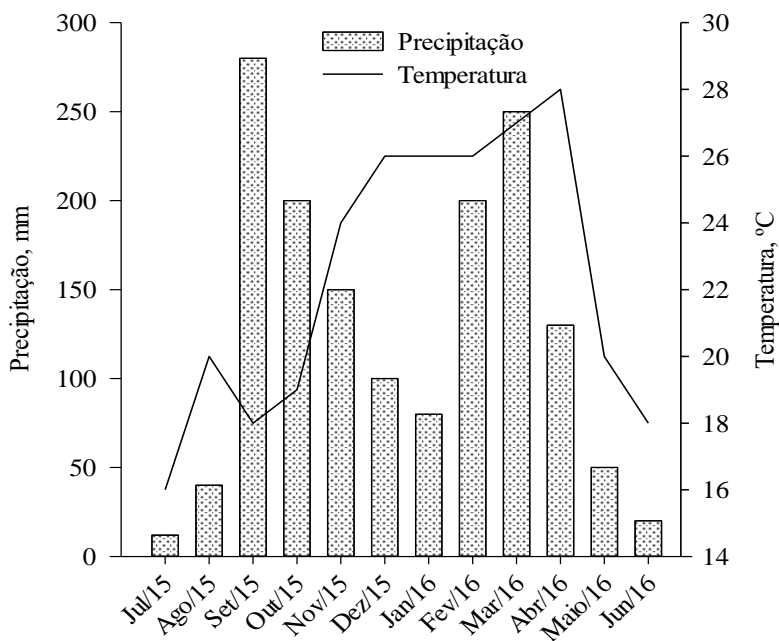
Geograficamente a bacia localiza-se na região sudeste-leste do município de Braço do Norte, principalmente na localidade de Pinheiral,

onde o rio é denominado de Coruja, sendo chamado de Bonito, quando atravessa a porção urbana do município (HADLICH, 2004; GOMES, 2009). A região possui precipitações pluviométricas anuais de, aproximadamente, 1.500 mm e temperatura média anual de 18,7°C. O clima da região é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa, segundo classificação de Köppen-Geiger.

Em relação aos aspectos geomorfológicos, o município de Braço do Norte encontra-se na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, geologicamente é agrupado conforme proposto por Uberti (2005) na Região Edafoambiental de Tubarão, pois a região apresenta diferenças de relevo e material de origem, propiciando assim, gênese de solos diferentes, apresentando elevados teores de potássio em decorrência dos solos serem formados a partir do intemperismo do granito, em especial do feldspato e mica (UBERTI, 2005). Os solos predominantes nessa região são Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Melânico e Háplico (UBERTI, 2005; COUTO, 2014), em especial na bacia do Rio Coruja/Bonito, predominam Nitossolo, Cambissolo e Neossolo Litólico (GOMES, 2009).

O estudo foi desenvolvido no período de julho de 2015 a junho de 2016, sendo selecionadas quatro propriedades agrícolas dentro da bacia hidrográfica Rio Coruja, sendo três com criação de suínos e uso intensivo de dejetos nas lavouras e uma sem criação de suínos e com uso de dejetos bovinos e suínos. Além das propriedades, foram selecionados três pontos para coleta ao longo do Rio Coruja. Também foram obtidos os valores médios de precipitação e temperatura no período de estudo a partir dos dados meteorológicos online da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado no município de Urussanga (Figura 1), totalizando 1.512 mm no período de estudo e temperatura média de 24,2 °C.

Figura 1. Precipitação e temperaturas médias observadas no período de estudo. Fonte: INMET



5.2. Pontos de coleta

Os pontos de coletas foram estabelecidos conforme as características das propriedades selecionadas bem como o tipo de reservatório ou ponto do rio, sendo: poços de abastecimento (PA), açude (A), nascente (N) e rio (R), seguido do número da propriedade (1, 2, 3 e 4) ou ponto do rio (1, 2 e 3), conforme apresentado na Tabela 3. Em cada ponto de coleta foram coletadas as coordenadas geográficas.

Tabela 3. Caracterização e localização de cada ponto de coleta de água na microbacia do Rio Coruja/Bonito.

Ponto de coleta	Tipo	Altitude	Coordenada geográfica
PA1.1	Poço de abastecimento	381 m	28°13'977" S 49°06'254" O
PA1.2	Poço de abastecimento	383 m	28°13'992" S 49°06'201" O
A1.1	Açude	383 m	28°13'942" S 49°06'245" O
A1.2	Açude	382 m	28°14'011" S 49°06'246" O
PA2	Poço de abastecimento	405 m	28°11'786" S 49°04'770" O
N2	Nascente	410 m	28°11'888" S 49°04'612" O
A2	Açude	403 m	28°11'807" S 49°04'639" O
PA3	Poço de abastecimento	399 m	28°11'818" S 49°05'492" O
N3	Nascente	396 m	28°11'806" S 49°05'472" O
A3	Açude	399 m	28°11'818" S 49°05'498" O
PA4	Poço de abastecimento	388 m	28°12'483" S 49°05'204" O
R1	Rio Coruja	389 m	28°12'461" S 49°05'170" O
A4	Açude	393 m	28°12'587" S 49°05'287" O
R2	Rio Coruja	375 m	28°13'528" S 49°05'946" O
R3	Rio Coruja	277 m	28°15'372" S 49°05'562" O
Altitude média		384 m	

5.3. Caracterização dos pontos de coleta

Propriedade 1

Propriedade utilizada pelo Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Apresenta três criatórios de suínos e uma lagoa para a estabilização dos dejetos líquidos de suínos (DLS) a serem aplicados em

áreas agricultáveis, bem como, um local para a ordenha de gado leiteiro. Nesta propriedade foram realizadas coletas em quatro pontos: dois poços e dois açudes, que seguem a caracterização.

Ponto PA1.1: poço de abastecimento para os criatórios de suínos da propriedade, sendo um poço de aproximadamente 5 m de profundidade. Geograficamente encontra-se próximos a dois criatórios de suínos e uma lagoa de estabilização de DLS. Na maior parte do período de estudo, o mesmo encontrou-se aberto, sem proteção ao recebimento de material particulado das áreas adjacentes e a montante, além da constante presença de animais (ratos, sapos, entre outros) em decomposição dentro do mesmo.

Ponto PA1.2: poço de abastecimento humano, também apresentando-se como poço raso, com profundidade de 5 m. Encontra-se ao lado da residência, porém, em eventos pluviométricos elevados a água de escoamento de áreas agricultáveis adjacentes, fica concentrada no solo acima do poço, podendo facilitar a lixiviação de contaminantes em profundidade.

Ponto A1.1: localizado em meio a pastagem natural antropizada e área de replantio de eucalipto. Presença de bovinos em suas margens e um criatório de suínos a montante.

Ponto A1.2: reservatório com menor presença de cobertura vegetal no solo nas áreas adjacentes, estando em área que recebe aporte de efluentes de criatório de suínos e lagoa de estabilização dos DLS, bem como, efluente bovino de área de ordenha a montante. As áreas agrícolas adjacentes, encontram-se em relevo suavemente ondulado, onde observa-se que, o escoamento superficial das mesmas decorre a este corpo hídrico.

Propriedade 2

Propriedade com um criatório de suínos de ciclo completo e criação de gado leiteiro, além da sucessão aveia/milho nas áreas agricultáveis. Nesta propriedade foram realizadas coletas em três pontos: poço de abastecimento humano, uma nascente e um açude, conforme caracterização:

Ponto PA2: poço de abastecimento humano da propriedade 2, apresentando profundidade de 26 m, sendo que a montante do mesmo há áreas agricultáveis que recebem aplicações constantes de DLS em sucessões de culturas de verão/inverno.

Ponto N2: presença parcial de vegetação ciliar e área de replantio de eucalipto em suas margens, dentro do limite estabelecido pelo Código Florestal. Ponto localizado em áreas declivosas que recebe grande aporte de água por escoamento superficial, além da prática de descarte de dejetos

líquido de suínos e bovinos, além de carcaças de animais mortos, nas áreas a montante do ponto, fora dos limites da propriedade.

Ponto A2: ponto de coleta a jusante do ponto N2, recebendo o aporte de águas do ponto. Estando desprotegido de vegetação de grande porte em suas margens, apenas gramíneas, recebendo grande aporte de efluente bovino, além do escoamento superficial das áreas agrícolas adjacentes.

Propriedade 3

Propriedade sem criatório de suínos, com criação de gado leiteiro, além da sucessão aveia/milho nas áreas agricultáveis. Nesta ocorre aplicação de DLS proveniente de propriedade adjacente, juntamente com a aplicação de dejetos líquidos bovinos (DLB) da própria propriedade. Nesta propriedade foram realizadas coletas em três pontos: poço de abastecimento humano, uma nascente e um açude, que segue a caracterização:

Ponto PA3: poço de abastecimento humano caracteristicamente como uma nascente canalizada para o consumo da propriedade. Estando protegida por vegetação ciliar nativa dentro dos limites do Código Florestal, composta por espécies arbustivas e herbáceas, no entanto, as áreas adjacentes a montante, recebem frequentes aplicações de DLS.

Ponto N3: nascente que não apresenta vegetação ciliar, somente gramíneas e pastagens utilizadas para pastoreio do gado leiteiro. Aplicação de DLS e DLB em áreas agricultáveis adjacentes, bem como, constante pisoteio do gado no leito do corpo hídrico.

Ponto A3: açude utilizado para a criação de patos, onde caracteristicamente a tonalidade da água é esverdeada. Não possui em suas margens presença de vegetação, estando a jusante de áreas agricultáveis que recebem aplicação de DLS e DLB.

Propriedade 4

Propriedade com dois criatórios de suínos nas margens do ponto de coleta A4, bem como, criação de gado leiteiro. O Rio Coruja passa em uma distância aproximada de 50 metros da residência da propriedade.

Ponto PA4: poço de abastecimento humano com pouca profundidade, caracteristicamente tem as margens do mesmo sem proteção. A residência é construída encima do mesmo, onde os efluentes humanos são depositados em poço específico, porém com proximidade do poço de abastecimento.

Ponto RI: encontra-se em distância aproximada de 50 metros da residência, estando com suas margens protegidas de vegetação ciliar, composta por gramíneas e arbustivos, bem como, algumas espécies

arbóreas frutíferas, no ponto de coleta, estando a montante do rio, dentro dos limites da propriedade sem a presença da vegetação. Não sabe-se da presença de criatórios de suínos e predomínio das atividades agrícolas a montante do ponto de coleta.

Ponto A4: presença de criatório de suínos na margem, no entanto, presença de vegetação ciliar composta por espécies arbóreas diversas, bem como, de gramíneas e arbustos. Caracteristicamente a coloração da água é de tons esverdeados.

Rio Coruja

Rio Coruja: no presente estudo, foram escolhidos três pontos do Rio Coruja, o primeiro ponto passa pela propriedade 4 (*R1*), o ponto *R2*, encontra-se dentro da Comunidade Pinheiral, sem vegetação ciliar, somente presença de gramíneas e em estado de erosão das margens, com ocupação nas suas margens sem a observância dos limites estabelecidos pelo Código Florestal, bem como, a presença de abatedouros de suínos. Para o ponto *R3*, o ponto mais a jusante do rio, onde toda a carga poluidora das áreas adjacentes chega até o mesmo, bem como a presença de abatedouros de suínos e ausência de vegetação ciliar em suas margens, também foi observado, processos erosivos das margens do rio, bem como o assoreamento do mesmo. Em nenhum dos pontos de coleta observou-se presença de formas de vida aquática a olho nu.

5.4. Coleta de água

As coletas das amostras de água foram feitas em corpos d'água lóticos, poços de abastecimento humano e fontes lênticas de água. Foram coletados, aproximadamente, 300 mL de água em cada ponto pré-estabelecido, divididos em três frascos snap-caps, previamente limpos em solução de HNO_3 a 10%. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixa de poliestireno com gelo para o resfriamento das mesmas até a chegada ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural da UFSC. No laboratório, aproximadamente, 50 mL de cada amostra foram filtrados utilizando-se filtros de celulose com diâmetro de poros de 0,45 μm e, juntamente com o restante das amostras não filtradas, foram armazenadas em refrigerador com temperatura média de 4°C para posteriores análises.

5.5. Coleta de solo

Em dezembro de 2015 foi realizada coleta de solo com o objetivo de verificar possíveis fontes de contaminação dos mananciais de água. A coleta de solo foi realizada nas proximidades dos seguintes pontos: PA1.1, PA1.2, A1.1, A1.2, PA2, N2, A2, A3, PA4 e A4. Para a coleta de solo foi utilizada pá de corte para abertura de três trincheiras até 40 cm de profundidade, coletando-se amostras nas seguintes profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Após a chegada no laboratório, o solo foi seco ao ar, após foi moído manualmente e passado em peneira de 2mm, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA).

5.6. Análises de água

A água coletada foi analisada para avaliar a sua potabilidade, estabelecida pela Resolução nº357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que utiliza valores de coliformes totais e termotolerantes, compostos orgânicos e inorgânicos na água como critérios principais para caracterização das águas destinadas ao consumo humano.

No momento da coleta das amostras de água, *in loco*, foram determinados os valores de pH, para as cinco coletas realizadas, condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD) para três coletas em cada parâmetro, utilizando um condutivímetro YSI Model 85. A partir dos valores da condutividade elétrica obtidos, calculou-se os valores dos sólidos dissolvidos totais (SDT) de maneira indireta (Matthiensen et al., 2014), através da equação 1:

$$\text{SDT (mg L}^{-1}\text{): CE} \times 0,67$$

Equação 1

No laboratório, foram determinados os valores para o número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, através da técnica dos tubos múltiplos. Além disso, nas amostras filtradas em membrana de celulose 0,45 μm , foram determinadas as concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) e os teores dissolvidos de P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn e, nas amostras não filtradas, foram determinados os teores de carbono orgânico total (COT), amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e os teores totais de P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, através de digestão ácida nitroperclórica, além dos valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) para as coletas de Março e Junho de 2016.

A determinação de coliformes foi desenvolvida nas coletas do ano de 2015 e de Março/2016 e para isso foi usada uma adaptação da metodologia conhecida como número mais provável (NMP), conforme

estabelecido pelo Standard Methods (1995). Para isso foram preparados os tubos necessários para os testes presuntivos, confirmativos e de *E. coli*, com os meios de cultura, com os caldos lactosado, bile verde brilhante e *E. coli*, respectivamente. O teste presuntivo é desenvolvido com caldo lactosado, que oferece aos possíveis coliformes presentes no meio a ser analisado, uma fonte de energia, que é a lactose, a temperatura de 35°C por 24 horas, observando-se que, ao final das 24 horas, conta-se os tubos positivos, com formação de gás no tubo de Duhran, onde naqueles negativos, incuba-se por mais 24 horas para verificar alguma modificação, onde se presume sua presença e quantificação. Em caso positivo do teste após as 48 horas, passa-se ao teste confirmativo, onde se oferece o meio bile verde brilhante, onde a fonte de energia é a lactose e sais biliares, a uma temperatura de 35°C, seguindo o mesmo procedimento utilizado no teste anterior, neste somente as bactérias coliformes conseguem retirar sua fonte de energia. No teste de *E. coli*, fornece-se lactose e a enzima caseína como fonte de energia e uma temperatura de 44,5°C, onde somente a *E. coli* irá crescer, por viver no sistema entérico de animais de sangue quente, seguindo o mesmo procedimento de duração temporal do teste. Ao final dos mesmos, tem-se o NMP de colônias formadas em cada teste, indicando ou não a contaminação fecal das águas.

Esses meios de culturas, foram auto clavados por 20 min, a temperatura de 120°C ou 1 atm, sendo resfriados a temperatura ambiente e armazenados em refrigerador específico, em temperatura média de 4° C. Para o desenvolvimento da técnica, utilizou-se câmara de fluxo laminar, previamente limpa com álcool 70% e 5 minutos de luz UV para esterilização da mesma.

Os teores de NH_4^+ e NO_3^- foram determinados em destiladores do tipo Microkjeldahl, conforme Tedesco et al. (1995). Para a obtenção dos teores de NH_4^+ , foram adicionados 20 mL de amostra não filtrada em tubos de digestão, adicionando-se 0,2 g de MgO e destilando-se ± 35 mL, sendo o destilado coletado em recipiente contendo 5 mL de indicador ácido bórico. Para a obtenção dos teores de NO_3^- , foi adicionado 0,2 g de liga metálica de varda no mesmo tubo, após a destilação com MgO, e a amostra novamente destilada e o extrato coletado em recipiente contendo 5 mL de indicador ácido bórico. Os extratos obtidos foram titulados com H_2SO_4 0,0025 mol L⁻¹. Para o cálculo de mg L⁻¹ de N nos destilados, usou-se a equação 2:

$$\text{N (mg L}^{-1}\text{): (H}_2\text{SO}_4 \text{ am.-H}_2\text{SO}_4\text{br) * eqN * (1000/20)}$$

$$\text{Equação 2}$$

Onde: H_2SO_4 am.= representa o volume de H_2SO_4 gasto na amostra; H_2SO_4 br.= representa o volume de H_2SO_4 gasto no branco; eqN= representa o equivalente de N na amostra para cada mL de H_2SO_4 0,0025 mol L⁻¹ gasto; 1000/20 é o valor para determinação de N em 1 litro.

Para a determinação dos teores totais de P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, foi realizada digestão ácida nitroperclórica das amostras não filtradas, segundo metodologia adaptada e descrita por Silva (1999). Para isso, foram adicionados 10 mL de amostra em tubos de digestão, juntamente com 4 mL de uma mistura de ácido nítrico PA com ácido perclórico PA, na razão 3:1. Posteriormente, as amostras foram aquecidas em bloco digestor a 80 °C por 1 hora, a 120°C por mais uma hora e, em seguida, a temperatura foi elevada até 160°C, onde ocorre o desprendimento de vapores da tonalidade de cor branca, permanecendo a essa temperatura até a alíquota atingir volume aproximado de 2 mL. O volume dos tubos foi ajustado para 25 mL com água destilada e no extrato ácido obtido foram determinados os teores totais de P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn.

Os teores de P no extrato ácido foram determinados por colorimetria, conforme método descrito por Murphy e Riley (1962). Com os dados obtidos dos teores de P total (Pt), calculou-se o Índice de Estado Trófico (IET) através da conversão dos valores de Pt em mg L⁻¹ para Pt em mg dm⁻³ para os açudes, nascentes e pontos do Rio Coruja.

Os teores de K e Na foram determinados em fotômetro de chama e os teores de Ca, Mg, Cu, Zn e Mn foram determinados em Espectrofotômetro de Absorção Atômica. Os teores particulados de P, K, Na, Ca, Cu, Zn, Mg, Mn e C foram determinados a partir da subtração dos teores dissolvidos dos teores totais. Os valores da Dureza da água foram determinados através da equação 3:

$$\text{Dureza (mg L}^{-1}\text{)} = 2,497 * \text{Ca} + 4,118 * \text{Mg} \quad \text{Equação 3}$$

Os teores de carbono orgânico (total e dissolvido) foram determinados através da adição de 2 mL de amostra filtrada, para COD, e não filtrada, para COT, e 1 mL de dicromato de potássio 0,4 mol L⁻¹ em tubos de ensaio de 10 mL, com posterior aquecimento das amostras em estufa a 60°C por um período de 4 horas e leitura em espectrofotômetro de UV visível em comprimento de onda de 580 nm, conforme metodologia descrita por Silva (2001). Para a obtenção dos teores de carbono orgânico particulado, subtraiu-se os valores de COD dos teores de COT. Para a obtenção dos teores matéria orgânica, os valores de

carbono orgânico total foram multiplicados por 1,724, conforme indicado por EMBRAPA (1997).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi determinada utilizando-se 2 mL de amostra acidificada (pH: 2,0); 3,5 mL de dicromato de potássio 0,4 N; 1,5 mL de H₂SO₄ concentrado + Ag₂SO₄ em tubos de digestão com rosca. Posteriormente, as amostras foram levadas ao bloco de aquecimento, em temperatura de 120°C, por um período de duas horas em ambiente com ausência de luz, sendo que, após esse período, as amostras foram mantidas fora do bloco até atingir temperatura ambiente e efetuada a leitura em espectrofotômetro de UV visível em comprimento de onda de 400 nm.

2.15.7. Análises de solo

Nas amostras de solo coletadas foram determinados os valores de pH em água (1:1), índice SMP, teor trocável de Al, Carbono Orgânico Total (COT) e Matéria Orgânica (MO), teores de N mineral, teores disponíveis de P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Cu e Zn e composição granulométrica.

Para a obtenção dos valores de pH e índice SMP, utilizou-se metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), utilizando a proporção solo:água 1:1. Os teores de carbono orgânico total (COT) foram determinados conforme método proposto por Embrapa (1997), com adaptações para digestão em bloco digestor descrito por Girotto (2007). Para isso, pesou-se 0,5g de solo em tubo de digestão, adicionou-se 10 mL de dicromato de potássio 0,4 N (K₂Cr₂O₇) com posterior aquecimento em bloco digestor a 150°C por 30 minutos e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1 N. Os teores de COT foram calculados utilizando-se a equação 4. Para a obtenção dos teores de matéria orgânica do solo, os teores de COT foram multiplicados por 1,724, conforme EMBRAPA (1997).

$$\text{COT (mg L}^{-1}\text{): } (40 - \text{volume gasto}) \cdot f \cdot 0,6$$

Equação 4

Onde: f é calculado dividindo-se o valor de 40 pelo valor do branco.

Para os teores disponíveis de P, K e Na realizou-se extração por Mehlich 1, conforme descrito em Tedesco et al. (1995). Para isso, foi pesado 1g de solo em tubo falcon de 15 mL, adicionou-se 10 mL de Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), as amostras foram agitadas por 5 minutos a 110 rpm e deixadas para a decantação por um

período de 15 a 18 horas. Os teores de P disponível extraídos foram determinados por colorimetria, de acordo com método proposto por Murphy & Riley (1962), enquanto que os teores de K e Na foram determinados em fotômetro de chama.

Os teores de N mineral foram determinados em destiladores do tipo Mikrokjeldahl, conforme Tedesco et al. (1995). Inicialmente pesou-se 5 g de solo, adicionando 50 mL de KCl 1 mol L⁻¹ e posterior agitação por 30 minutos e igual período de decantação. Posteriormente, foram destilados 20 mL de amostra em tubos de digestão, após a adição de 0,2 g de MgO e 0,2 g de liga metálica de varda, sendo o extrato coletado em recipiente contendo 5 mL de indicador ácido bórico. Os extratos obtidos foram titulados com H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹. Para o cálculo do teor de N nas amostras utilizou-se a equação 5:

$$N \text{ (mg kg}^{-1}\text{): (H}_2\text{SO}_4 \text{ am.-H}_2\text{SO}_4\text{br.)}*\text{eqN}*500 \quad \text{Equação 5}$$

Onde: H₂SO₄ am.= representa o volume de H₂SO₄ gasto na amostra; H₂SO₄br= representa o volume de H₂SO₄ gasto no branco; eqN= representa o equivalente de N na amostra para cada mL de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹ gasto; 500 é o valor para determinação de N em 1 litro.

O teor trocável de Al foi extraído utilizando-se uma solução de KCl 1 mol L⁻¹, conforme Tedesco et al. (1995), utilizando-se 2,5 g de solo e 50 mL de KCl 1 mol L⁻¹ em snap cap com capacidade para 100 mL. Os teores de Al trocável, uma alíquota de 25 mL foi titulada com NaOH 0,0125 mol L⁻¹, conforme Tedesco et al. (1995), e utilizou-se a equação 6:

$$Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{): [(NaOH}_{am}\text{.-NaOH}_{br}\text{.)}*M*100*2]/2,5 \quad \text{Equação 6}$$

Onde: NaOH_{am}. representa o volume de NaOH gasto na amostra; NaOH_{br}. representa o volume de NaOH gasto no branco; M NaOH é a molaridade do NaOH.

Em cada ponto de coleta também foi realizada a análise granulométrica conforme EMBRAPA (1997). Para isso pesou-se 20 g de solo, adicionou-se 10 mL de NaOH 1 mol L⁻¹ e 100 mL de água destilada e as amostras foram agitadas por um período de 18 horas. Após transferiu-se para copo agitador para agitação e homogeneização das amostras durante 2 minutos, passando o conteúdo do agitador para proveta de 1000 mL e o volume completado com água destilada. Após a medição da temperatura das amostras, o tempo de decantação foi estimado seguindo a Lei de Stokes. Após a decantação, foram retirados 50 mL dos primeiros

5 cm do sobrenadante da proveta e colocou-se em cadinhos previamente secos e pesados em estufa. Após passou-se o conteúdo através de peneira de 20cm de diâmetro e malha de 0,053mm para a retenção da fração areia que foi colocado nos cadinhos de metal. Após secos os cadinhos, obtém-se as frações argila e areia e, por diferença, a fração silte.

5.8. Análise estatística

Os dados obtidos, para atributos do solo, foram submetidos a análise de variância e, quando observada diferença significativa, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa Sisvar versão 5.3. Para os dados referentes a qualidade da água, foram efetuadas as médias com desvio padrão, bem como, correlação de Pearson a 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Parâmetros microbiológicos

6.1.1. *Coliformes termotolerantes*

Para os pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito, em pelo menos uma coleta, foi detectada a presença de coliformes totais e termotolerantes (Tabela 4), sendo que, para a Resolução CONAMA nº357/2005, o limite estabelecido é de 1000 coliformes termotolerantes em 100 mL de água. Observa-se que, os valores de coliformes termotolerantes foram iguais aos totais, comprovando que os coliformes presentes nas amostras de água são de origem entérica.

Nos pontos do Rio Coruja, em especial o ponto R3, os valores apresentados estiveram sempre acima do limite permitido pelo CONAMA em todas as avaliações realizadas, tanto para os coliformes totais quanto termotolerantes.

Os valores obtidos para coliformes termotolerantes no ponto R3, corroboram com os valores encontrados por Terra et al. (2010) que, ao avaliarem a qualidade da água que abastece a região metropolitana de Vitória/ES, observaram que um ponto de coleta se destacava dos demais, indicando que a carga orgânica neste ponto estava elevada, comprometendo seriamente a qualidade da água. Para rios que servem ao abastecimento público, é de relevância a observação e monitoramento dos valores de coliformes, em decorrência da presença de potenciais

causadores de gastroenterites, podendo causar surtos endêmicos na população abastecida.

Tabela 4. Número Mais Provável de Coliformes Totais e Termotolerantes obtidos nos pontos de estudo da bacia Rio Coruja/Bonito.

Ponto	Coleta			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹				
PA1.1	4,5	240	0	>1100
PA1.2	12	240	15	17
A1.1	920	460	>1100	0
A1.2	>1100	>1100	290	>1100
PA2	2	0	0	2
N2	960	9,4	>1100	>1100
A2	95	6,2	36	17
PA3	0	9,4	460	17
N3	>1100	460	>1100	>1100
A3	430	16	36	>1100
PA4	11	240	23	17
R1	>1100	240	36	>1100
A4	56	160	460	17
R1	>1100	240	36	>1100
R2	81	240	>1100	0
R3	>1100	>1100	>1100	>1100

Legenda: PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1^a coleta: 20/07/2015, 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015, 4^a coleta: 21/03/2016.

Para os pontos do Rio Coruja, foram observados resultados semelhantes aos obtidos por Hadlich (2004), que observou que quanto mais distante da nascente do rio, maior é a degradação do curso hídrico em decorrência da atividade antrópica. Dessa forma, o rio Coruja apresenta elevada degradação em virtude da presença de abatedouros de suínos nas margens do mesmo, bem como ao despejo de efluente doméstico e DLS, juntamente, com o escoamento superficial de DLS e DLB das áreas agricultáveis adjacentes.

Os menores valores de coliformes totais e termotolerantes foram observados nos poços de abastecimento, em especial, aqueles utilizados para abastecimento humano, indicando que a água destinada ao consumo humano apresenta boa qualidade microbiológica. Esses valores observados corroboram com os observados por Cavalcante (2014), ao avaliar a qualidade microbiológica de poços de abastecimento em meio rural, observou que, mesmo o NMP de coliformes termotolerantes

estando dentro dos limites estabelecidos pelas diversas legislações, em especial para a Resolução CONAMA nº 357/2005, mesmo assim, a presença de coliformes termotolerantes em poços de abastecimento humano, é indicativo que as fontes de abastecimento necessitam de ações de prevenção da chegada de efluentes, em especial dos animais de sangue quente, que possuem carga microbiológica, bem como, ações de saneamento básico ou alternativas para o abastecimento dos mesmos, para que a população que irá consumir a água, não esteja exposta de maneira direta, a quadros de gastroenterites.

Para os açudes estudados, observa-se maior contaminação no ponto A1.2, o que pode ser explicado pela posição na paisagem, onde o aporte pluvial de áreas agrícolas e de manejo de animais adjacentes contribui para a poluição do corpo. Observa-se que, nos demais açudes, como para as nascentes estudadas, atribui-se maior presença de vegetação nas margens e áreas próximas, ocorre a diminuição do NMP de coliformes, em decorrência, da absorção de nutrientes que ocorre pelo sistema radicular das plantas, visando que, os coliformes necessitam de carbono orgânico para sua sobrevivência fora do sistema gastrointestinal.

De maneira geral, com base nas avaliações realizadas, a microbacia do Rio Coruja/Bonito ainda apresenta-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/2005, no entanto, a presença, mesmo em menores valores, em especial de coliformes termotolerantes, indicam a necessidade de medidas de preservação dos corpos hídricos, em decorrência, dos processos endêmicos que possam ocorrer pela ingestão de coliformes, bem como, a regulamentação da vegetação ciliar ao longo do Rio Coruja.

6.2. Parâmetros físico-químico

6.2.1. Valores de pH

Os valores de pH da água dos pontos avaliados variaram de 4,05 a 8,76 (Figura 2). Para os poços de abastecimento, o pH variou de 4,05 a 6,85; para os açudes variaram de 5,64 a 8,76, para as nascentes de 5,20 a 6,64 e para os pontos do Rio Coruja de 5,32 a 6,68. Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o pH deve compreender a faixa de 6,00 a 9,00 para águas de Classe 2.

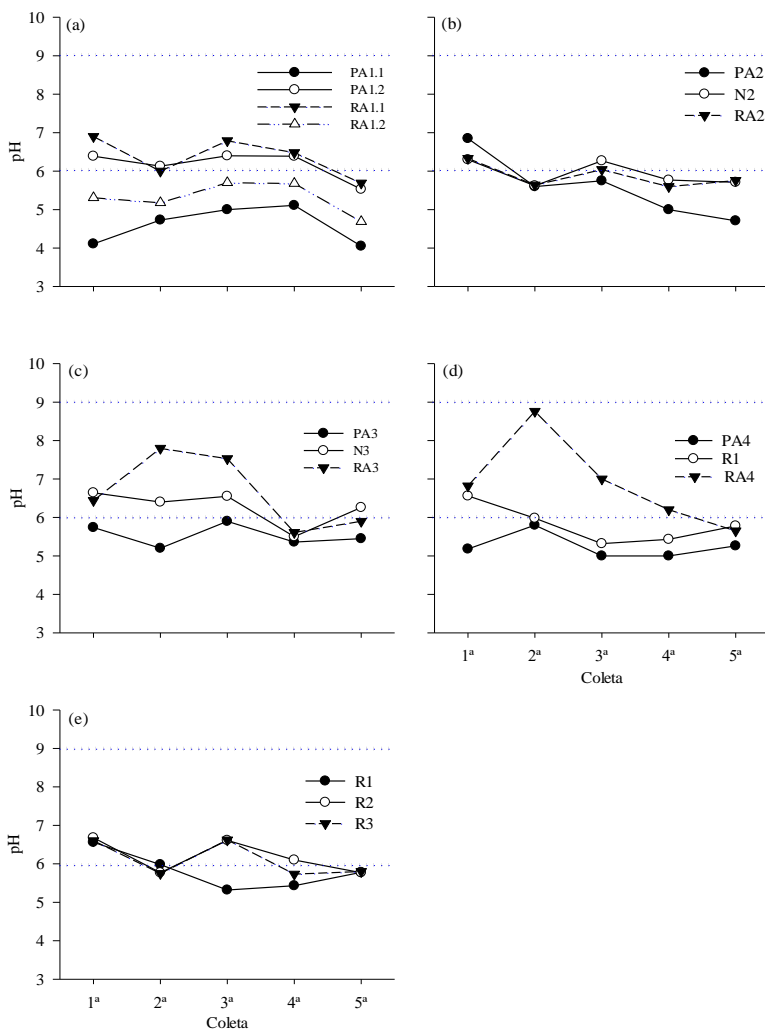
Para os poços de abastecimento, de maneira geral, os valores de pH estiveram abaixo do limite mínimo estabelecido, podendo ser justificado pela pouca profundidade dos poços estudados que podem estar recebendo, por processos de percolação, contaminantes do solo ou através

dos processos de vasos comunicantes no lençol freático presente nas propriedades estudadas.

Para os açudes estudados na coleta de Jun./16, apresentaram-se abaixo do padrão estabelecido, ocorrendo variação entre os pontos estudados para as demais coletas, sendo observado um decréscimo dos valores a partir da coleta de Dez./15. Esse comportamento, também foi observado por Zucco et al. (2015), ao avaliar parâmetros físico-químicos em ondas de cheia, atribuíram aos índices pluviométricos, em especial eventos mais intensos, a ocorrência da diminuição dos valores de pH, devido a menor quantidade de material particulado carregada aos corpos hídricos. Sendo para o período de Dez./15 a Jun./16 ocorreram 830 mm, sendo, especificamente o mês de Jun./16 com o menor registro (Figura 1).

Para as nascente e pontos do Rio Coruja, observou-se variações acima ou abaixo do limite mínimo, que é justificado pela pressão antrópica, através do lançamento de efluentes animais e humanos, bem como, pelos processos naturais de erosão das margens e assoreamento do leito. Este processo foi observado por Moura et al. (2010), ao avaliar os tributários da bacia do Córrego Gama e seu afluente Córrego do Cedro, em Brasília, no período de 2003-2005, os autores observaram que, nos cinco pontos avaliados dos córregos estudados, três pontos apresentaram valores de pH abaixo do limite mínimo para a classe 2, sendo que, nesse caso ocorria maior pressão antrópica nas margens através do despejo de efluentes humanos in natura.

Figura 2. Valores de pH observados nos pontos de estudo da bacia Rio Coruja/Bonito, nas propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1^a coleta: 20/07/2015; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os valores mínimos e máximos segundo a Resolução nº 357/2005.

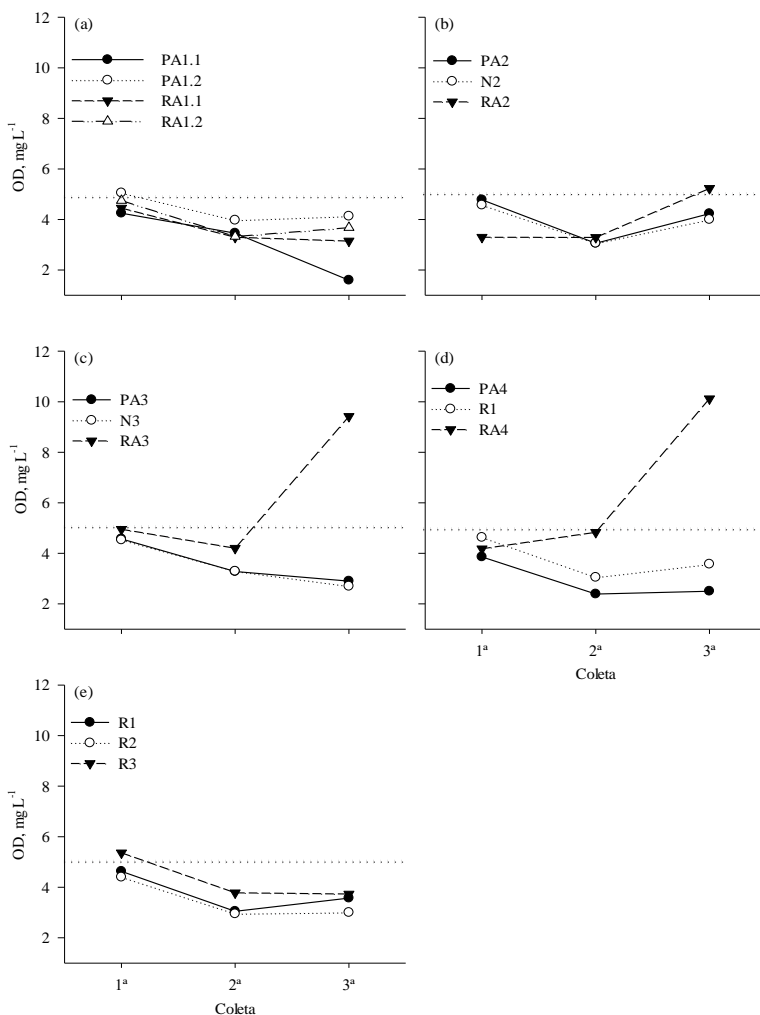
6.2.2. *Oxigênio Dissolvido*

Para os valores de OD ocorreu variação de $1,60 \text{ mg L}^{-1}$ a $10,12 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que, para esse parâmetro a Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 2, estabelece um limite mínimo de 5 mg L^{-1} de Oxigênio Dissolvido. Nesse sentido, a maioria dos pontos apresentaram abaixo deste limite estabelecido (Figura 3). De maneira geral, ocorreu decréscimo dos valores de OD da primeira para a segunda coleta em todos os pontos avaliados. Os pontos A2, A3 e A4 na coleta de Dez/15 (Figura 3) apresentaram teores de OD dentro do padrão estabelecido.

Para os valores de OD nos PA1.2, PA2 e PA4, não pode-se inferir contaminantes e carga orgânica, pois a água está armazenada, sem interação com a atmosfera, não permitindo trocas diretas de Oxigênio. No entanto, para os poços PA1.1 e PA3, a quantidade de OD deveria apresentar-se maior, em decorrência das interações que ocorrem com a atmosfera, indicando assim, que existem compostos que necessitam oxigênio para realizar reações, em especial, as reações que envolvem compostos nitrogenados. Nesse sentido, observa-se que na coleta de Out./15 ocorre elevação dos teores de NH_4^+ e diminuição dos teores de OD na água, indicando que, naquele período o OD estava sendo consumido para as reações de conversão do NH_4^+ em NH_3 .

Para os pontos do Rio Coruja, somente para a coleta de Julho/2015 no ponto R1, foram observados valores acima de 5 mg L^{-1} . Bem et al. (2015) avaliando a influência de parâmetros físico-químicos na diversidade de macroinvertebrados, observaram que, no decorrer do Rio Iguaçu, aumentavam os teores de OD na água em decorrência do aumento da vazão do rio e aporte de afluentes, fato esse, que não pode ser aplicado aos pontos do Rio Coruja, que mesmo recebendo aporte de afluentes continua com valores abaixo do limite estabelecido, bem como, a não constatação visual de formas de vida aquática.

Figura 3. Valores de OD observados nos pontos de estudo na bacia do Rio Coruja/Bonito, para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os valores mínimos segundo a Resolução nº 357/2005.

De maneira geral, para as propriedades estudadas, a aplicação de DLS em áreas agrícolas contribui com a presença de compostos nitrogenados, que necessitam de Oxigênio para que ocorra as transformações no ambiente, bem como, pela presença de P, que ocasiona a eutrofização de corpos hídricos, que desenvolve uma série de reações que tendem, cada vez mais, diminuir a quantidade de Oxigênio disponível nos corpos hídricos, afetando a disponibilidade e manutenção de formas de vida aquática. Para os pontos do Rio Coruja, que são avaliados, observou-se que a quantidade de construções nas suas margens, afeta a dinâmica do rio, que mesmo apresentando corredeiras, não há valores de OD compatíveis com a manutenção de formas aquáticas de vida, alterando assim, todo o equilíbrio biológico do mesmo.

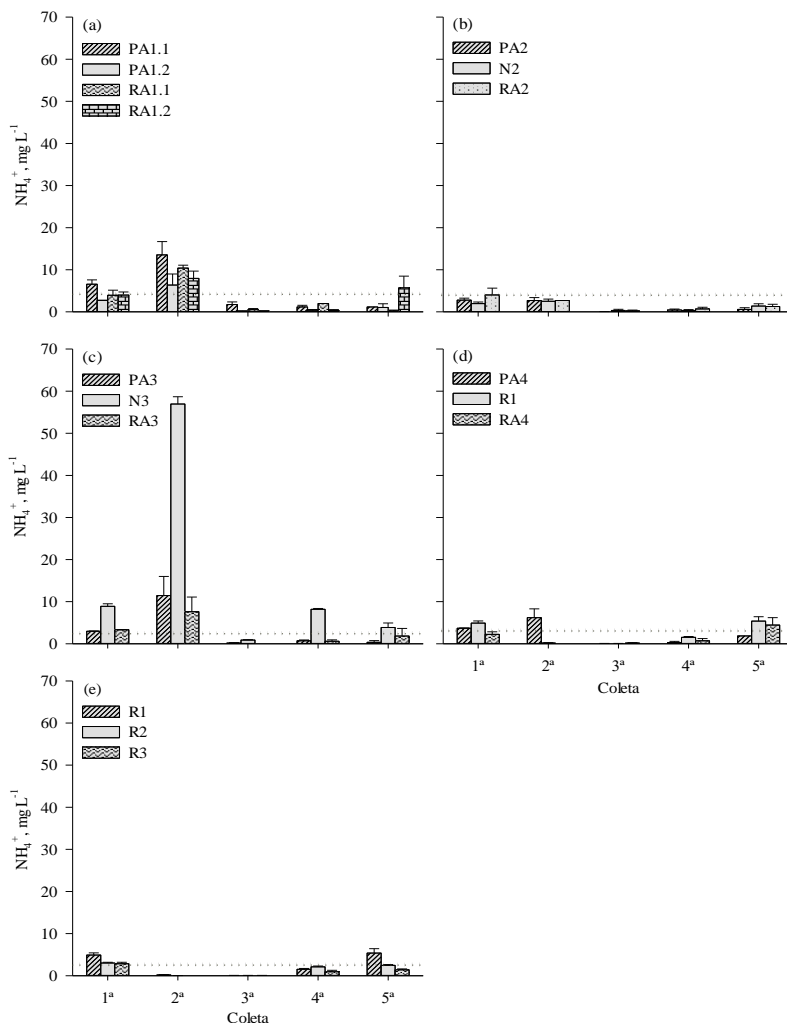
6.2.3. Teores e formas de Nitrogênio

Durante o período de estudo, os teores de NH_4^+ para os pontos da bacia do Rio Coruja/Bonito variaram de 0,00 mg L^{-1} a 56,95 mg L^{-1} (Figura 4), sendo que, para a Resolução nº357/2005 do CONAMA, é estabelecido o valor de 3,7 mg L^{-1} para águas de classe 2 com $\text{pH} < 7,5$ utilizando o parâmetro Nitrogênio Amoniacal Total.

De maneira geral, os pontos de coleta apresentaram teores de NH_4^+ dentro do limite estabelecido, sendo a propriedade 1 aquela com maior número de pontos acima do limite, indicando que a degradação da qualidade da água através de compostos amoniacais é recorrente nesta propriedade. Isso ocorre devido às aplicações constantes de DLS em áreas agricultáveis que, via escoamento superficial e/ou lixiviação, atingem os corpos hídricos.

Para as coletas de Jul./15 e Out./15, os pontos A1.1, A1.2, A2, A3, A4, PA1.1, PA1.2 e R1 e os pontos PA1.1, PA1.2, A1.1, PA3, N3, A3 e PA4, respectivamente, apresentaram teores acima do limite estabelecido (Figura 4). Kaufmann et al. (2014), ao analisarem a quantidade de compostos de nitrogênio em condições de drenagem e escoamento superficial sob chuvas simuladas em diferentes plantios, observaram que os maiores teores escoados de NH_4^+ , ocorreram nos sistemas de manejo com maior revolvimento do solo, evidenciando relação entre os teores liberados e o manejo do solo. Entretanto, é importante destacar que não foi observada correlação entre os teores de N mineral no solo e os teores de N nas amostras de água (Tabela 5).

Figura 4. Valores de NH_4^+ nos pontos de estudo da microbacia do Rio Coruja/Bonito, para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1ª coleta: 20/07/2015, 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução n° 357/2005.

Para as coletas de Jul./15 e Out./15, os pontos A1.1, A1.2, A2, A3, A4, PA1.1, PA1.2 e R1 e os pontos PA1.1, PA1.2, A1.1, PA3, N3, A3 e PA4, respectivamente, apresentaram teores acima do limite estabelecido (Figura 4). Kaufmann et al. (2014), ao analisarem a quantidade de compostos de nitrogênio em condições de drenagem e escoamento superficial sob chuvas simuladas em diferentes plantios, observaram que os maiores teores escoados de NH_4^+ , ocorreram nos sistemas de manejo com maior revolvimento do solo, evidenciando relação entre os teores liberados e o manejo do solo. Entretanto, é importante destacar que não foi observada correlação entre os teores de N mineral no solo e os teores de N nas amostras de água (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação de Pearson entre os teores de N mineral na água e no solo e os teores de P solúvel na água e P disponível no solo.

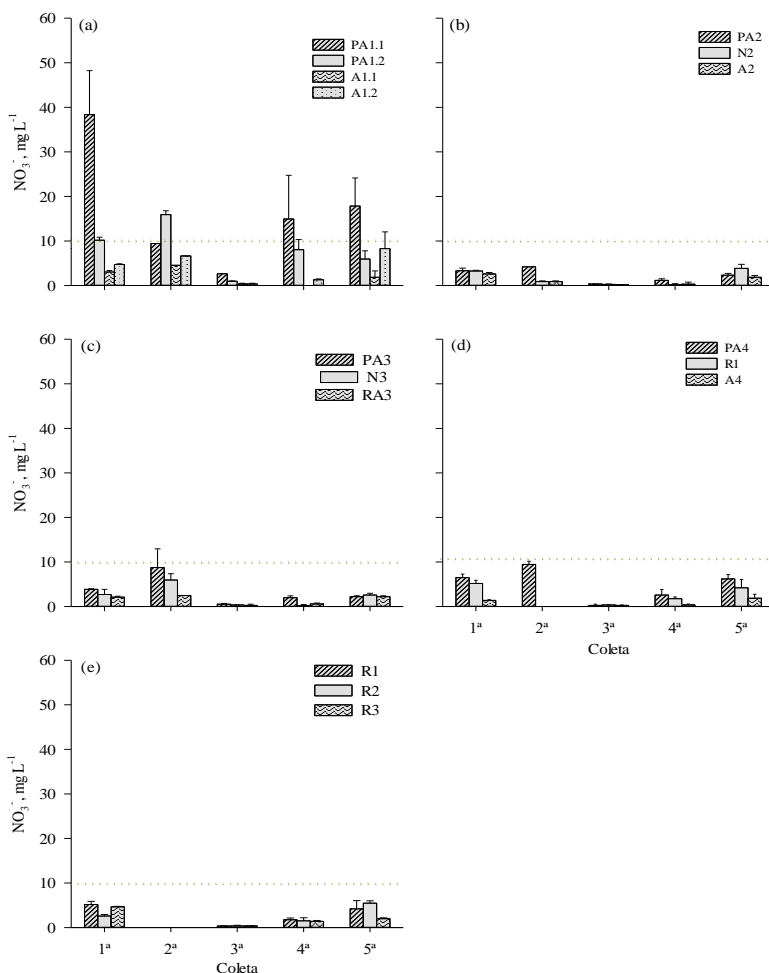
Parâmetros	N mineral água		P solúvel água	
	Valor <i>p</i>	R ²	Valor <i>p</i>	R ²
N mineral solo	0,872	-0,06	-	-
P disponível solo	-	-	<0,0001	0,98

Correlação de Pearson realizada ao nível de 5% de significância; Para os teores de N mineral e P disponível no solo foi considerada a média das quatro camadas de solo avaliadas.

Os teores de NH_4^+ obtidos nos pontos do Rio Coruja foram, em geral, maiores quanto mais próximos a nascente do rio ($\text{R1} > \text{R2} > \text{R3}$) (Figura 4e), corroborando com os dados obtidos por Bem et al. (2015) que ao avaliarem a qualidade da água, a partir da nascente da bacia do Baixo Iguaçu, observaram que os maiores teores de NH_4^+ ocorreram nas proximidades da nascente do rio. Esses autores salientam que a carga nitrogenada que um determinado rio recebe pode ser a mesma no decorrer no leito do rio, mas acaba sendo diluída pelo aporte de água que o mesmo recebe.

Para os teores de NO_3^- nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito, ocorreu variação de 0,00 a 38,36 mg L⁻¹ (Figura 5). Para esse parâmetro a Resolução CONAMA nº357/2005 estabelece como teor máximo 10 mg L⁻¹ de NO_3^- .

Figura 5. Valores de NO_3^- nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito, para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1^a coleta: 20/07/2015; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

Para as propriedades 2, 3, 4 e para os pontos do Rio Coruja, os teores de NO_3^- , em nenhuma das coletas realizadas, ultrapassaram o limite

de 10 mg L⁻¹. No entanto, conforme a CETESB (2005) o valor de 5 mg L⁻¹ já é um indício que, as águas estão sendo contaminadas por formas de N, causando degradação da qualidade da água e problemas de saúde pública, para Bouchard et al. (1992) afirmam que, 3 mg L⁻¹ indica contaminação por ação antropogênica, necessitando ações de monitoramento e recuperação das áreas contaminadas.

Nesse sentido, Conceição et al. (2014) observaram que o NO₃⁻ é o composto nitrogenado que ocorre em maior frequência em pontos de abastecimento subterrâneo, podendo aumentar os casos de metahemoglobinemia e câncer, corroborando com Souza et al. (2015) afirmam que a presença de compostos nitrogenados, em diferentes estados de oxidação, indica condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, principalmente em poços de abastecimento humano, aumentando os casos endêmicos relacionados a esses compostos.

De maneira geral a propriedade 1 apresenta maiores problemas de poluição dos corpos hídricos, seja por NH₄⁺ ou NO₃⁻. Os teores de NO₃⁻ afetam sensivelmente os valores de pH nos corpos hídricos (Tabela 6), juntamente com o desenvolvimento de processos fisiológicos nos indivíduos que ingerem esta água, podendo resultar em processos mutagênicos e carcinogênicos. Ressaltando que, mesmo para os pontos que apresentaram teores de N dentro dos limites estabelecidos, os teores de N obtidos indicam que a aplicação de DLS em áreas agrícolas coloca a qualidade da água em perigo, e consequentemente, os indivíduos que dele utilizam.

Os teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ apresentam correlação significativa (Tabela 6), para os valores de pH, CE e SDT e teores de Ca, Cu e Mn afetando a dinâmica dos mesmos no meio aquático.

Tabela 6. Correlação de Pearson para os teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ observados nos pontos de coleta.

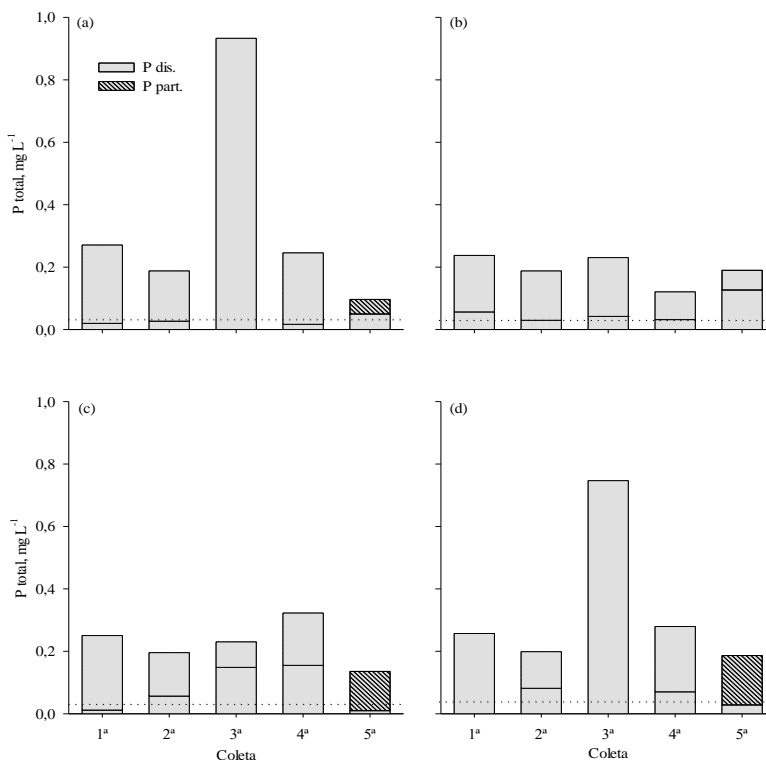
Parâmetro	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻	
	Valor p	R ²	Valor p	R ²
pH	-	-	< 0,001	-0,759
CE	0,02	0,544	-	-
SDT	0,02	0,544	-	-
Na	< 0,001	0,824	-	-
Ca	0,01	0,608	0,02	0,574
Cu	-	-	0,04	0,513
Mn	0,01	0,599	< 0,001	0,780

Correlação de Pearson realizada ao nível de 5% de significância; Para os teores avaliados foram consideradas as médias das cinco coletas avaliadas.

6.2.4. Teores e formas de Fósforo.

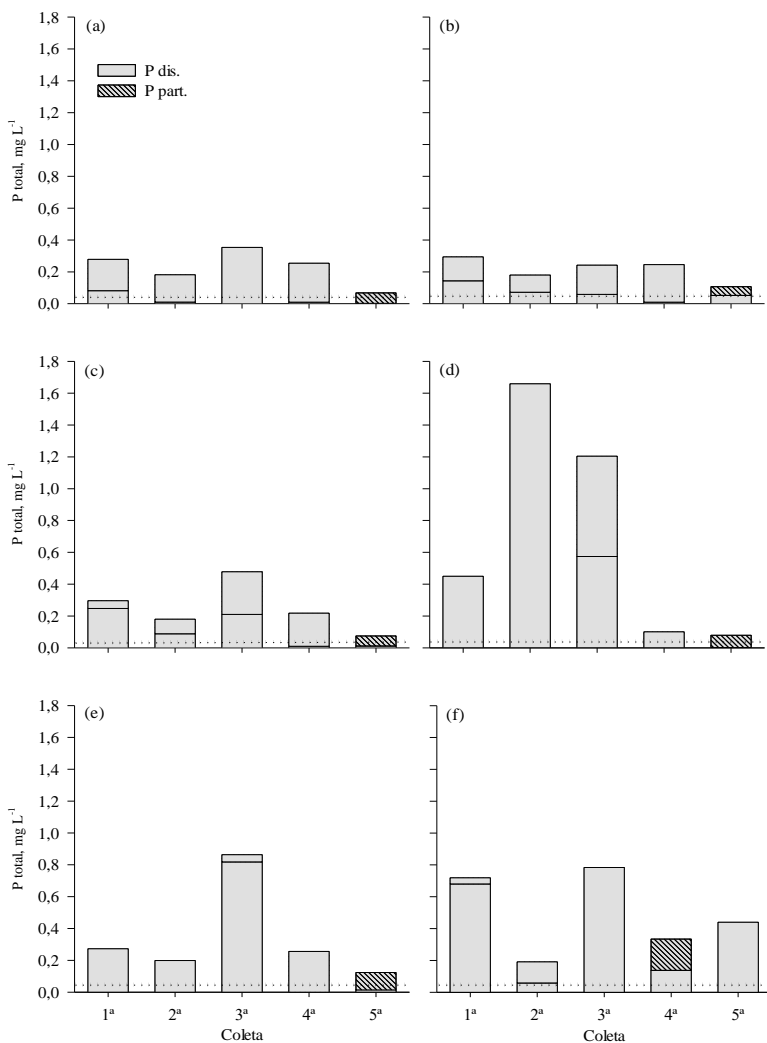
No período de estudo da microbacia do Rio Coruja/Bonito, todos os pontos avaliados apresentaram contaminação por P, apresentando em alguns pontos e coletas, valores acima de 1 mg L^{-1} . A Resolução nº357 (CONAMA, 2005) estabelece como limite máximo, para águas de classe 2, teores de P total de $0,030 \text{ mg L}^{-1}$, para ambientes lênticos, e de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, para ambientes lóticos, sendo observado durante o período de estudo uma variação de $0,07$ a $1,63 \text{ mg L}^{-1}$ (Figuras 6, 7 e 8).

Figura 6. Valores de P total (dissolvido + particulado) para os pontos PA1.1 (a), PA1.2 (b), A1.1 (c) e A1.2 (d).



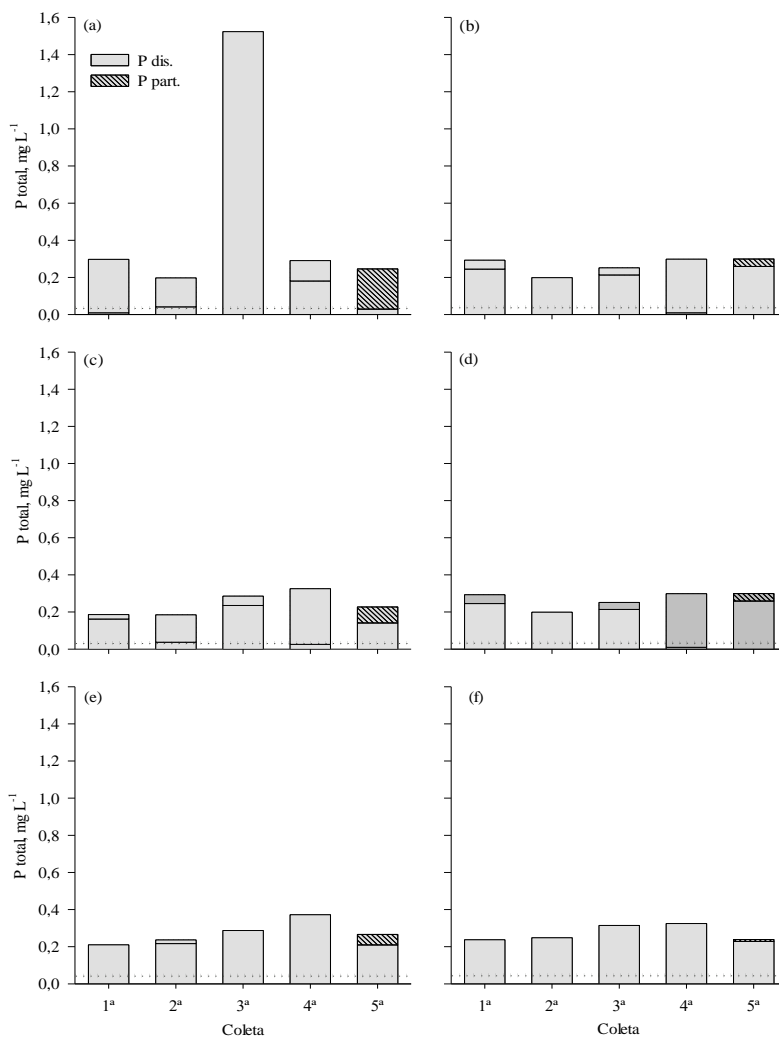
PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

Figura 7. Valores de P total (dissolvido + particulado) obtidos nos pontos PA2 (a), N2 (b), A2 (c), PA3 (d), N3 (e) e A3 (f).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1^a coleta: 20/07/2015, 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

Figura 8. Valores de P total (dissolvido + particulado) obtidos nos pontos PA4 (a), R1 (b), A4 (c), R1 (d), R2 (e) e R3 (f).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

De maneira geral no período de estudo ocorreu predomínio da forma particulada de P para os pontos das propriedades 1, 2 e 4 (Figuras 6, 7 e 8). Nesse sentido, Fia et al. (2015) afirmam que o P possui o comportamento de estar ligado as partículas transferidas, especialmente, por escoamento superficial em eventos pluviométricos, contribuindo para a quantidade de material particulado nos corpos hídricos, sendo a principal forma de contaminação dos mananciais. Para os pontos de estudo da propriedade 3 (Figura 8), há predomínio da forma dissolvida, indicando que para esses pontos ocorre menor carreamento de material particulado via escoamento superficial.

Para os pontos do Rio Coruja (Figura 8), os teores de P obtidos encontraram-se, predominantemente, na forma dissolvida, indicando pequeno carreamento de partículas em suspensão no leito do rio em decorrência das coletas serem realizadas no fluxo de base, não podendo inferir valores de erosão dos solos adjacentes ao rio. Nessa linha, Cunha & Calijuri (2010) afirmam que a presença de vegetação ciliar nas margens dos corpos hídricos é de fundamental importância para a preservação de uma água com boa qualidade, indicando que, a presença desta vegetação além de constituir-se como uma barreira física a chegada de material particulado, diminui os teores pelos processos de absorção desenvolvidos no sistema radicular.

Observou-se relação entre os teores de P dissolvido na água e os teores de P disponível no solo, corroborando com Miguel et al. (2014) que estudando bacias hidrográficas rurais, verificaram que o aporte de fósforo encontrado nos mananciais hídricos vem de processos antrópicos do solo, principalmente, em decorrência do manejo.

Além dos valores de P total, como indicadores de processo de eutrofização, o Índice de Estado Trófico (IET), é indicador em qual estágio trófico o corpo hídrico se encontra. Nesse sentido, os pontos estudados da bacia Rio Coruja/Bonito encontram-se, de maneira geral, como Supereutrófico (SE) e Hipereutrófico (HE) (Tabela 8), indicando que o aporte de P na água é maior que a capacidade de auto-depuração dos mesmos.

Para a coleta de Jun./16 a maioria dos pontos apresentaram-se como Eutróficos (Tabela 7), devido a diminuição dos teores de P total relacionados com a redução das precipitações, conforme observado nas figuras 6, 7 e 8. A classificação do IET apresentou sazonalidade ao longo do período de avaliação, corroborando com Fia et al. (2009) que observaram instabilidade nos valores de IET na microbacia da Lagoa Mirim/RS em decorrência de processos climáticos. No entanto, esses autores observaram que a atividade agrícola do entorno das margens da

Lagoa e de seus afluentes alterou sensivelmente os valores de IET, sendo que em épocas do ano que ocorria maior demanda hídrica pela atividade agrícolas os valores de IET diminuam e quando o aporte de água no sentido áreas agrícolas-Lagoa aumentava, os valores de IET aumentavam.

Em adição, Andrietti et al. (2016) ao avaliarem o efeito do uso e ocupação do solo nos teores de P total e no IQA e IET da água do Rio Caiabi, no estado do Mato Grosso, observaram que, a maior ocupação das margens do rio, em especial, com áreas urbanas, elevou de maneira significativa os teores de Pt quando comparados aos pontos que não apresentavam essa ação antrópica. Os autores afirmam que, essa elevação após área urbana, decorre principalmente no despejo de efluentes.

Tabela 7. Teores de P total (mg dm^{-3}) e Índice de Estado Trófico (IET) observados para os pontos de estudo na bacia Rio Coruja/Bonito.

Ponto	Parâmetro	Coleta				
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
A1.1	P total	250	199	748	238	187
	Classificação	HE	SE	HE	HE	SE
A1.2	P total	238	188	230	241	187
	Classificação	HE	SE	SE	HE	SE
N2	P total	294	180	242	263	107
	Classificação	HE	SE	HE	HE	EU
A2	P total	296	180	466	283	77
	Classificação	HE	SE	HE	HE	EU
N3	P total	296	186	1203	291	87
	Classificação	HE	SE	HE	HE	EU
A3	P total	297	191	782	296	113
	Classificação	HE	SE	HE	HE	EU
R1	P total	292	181	250	296	130
	Classificação	EU	EU	HE	HE	SE
A4	P total	186	185	267	325	227
	Classificação	SE	SE	HE	HE	SE
R1	P total	292	181	250	296	130
	Classificação	HE	SE	HE	HE	SE
R2	P total	206	236	288	283	177
	Classificação	EU	EU	EU	EU	EU
R3	P total	213	238	313	281	147
	Classificação	EU	EU	SE	EU	EU

6.2.5. Caracterização catiônica (Ca, Mg, K e Na), dureza, condutividade elétrica (CE) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).

Os teores de Ca dissolvido (Ca dis.) apresentaram valores variando de 0,00 a 2,40 mg L⁻¹, enquanto que os teores de Mg (Mg dis.) variaram de 0,04 a 7,95 mg L⁻¹ (Tabela 8). Os teores totais e particulados de Ca e Mg estão apresentados nos anexos 2 e 3, respectivamente. Para o K, os teores médios de K total variaram de 3,57 a 17,05 mg L⁻¹, os teores médios de K dissolvido (K dis.) variaram de 3,25 a 15,51 mg L⁻¹ e os teores de K part. variaram de 0,00 a 17,05 mg L⁻¹ (Tabela 9). Para os teores médios de Na observa-se, como ocorre para o K, predomínio da forma dissolvida, sendo que os teores totais variaram de 2,15 a 11,16 mg L⁻¹, os teores dissolvidos de 1,14 mg L⁻¹ a 5,00 mg L⁻¹ e os teores particulados de 0,00 a 10,02 mg L⁻¹ (Tabela 9). Os teores de K e Na, em cada ponto avaliado, são apresentados nos anexos 4 e 5, respectivamente.

Nos pontos estudados na microbacia do Rio Coruja/Bonito, os teores médios de K apresentaram-se, preferencialmente, na forma dissolvida, corroborando com Bertol et al. (2011) que observaram maiores teores de K dissolvido na água, a partir de processos de enxurrada, em decorrência da baixa reatividade que o K apresenta com o solo.

Os teores dissolvidos de Ca, Mg, K e Na não apresentam caráter de indicativo direto de poluição e/ou contaminação. No entanto, conforme aumenta a concentração destes íons na água, também aumenta a condutividade elétrica e os teores de sólidos dissolvidos totais, que são indicativos de ação antrópica direta, em especial, do despejo de efluentes em corpos hídricos. Além disso, a elevação dos teores dissolvidos de Ca e Mg dis. alteram a dureza da água, que é o principal fator para o gosto da água, pois águas muito duras tornam-se impalatáveis.

Para o parâmetro dureza ocorreu variação de 0,20 a 33,20 mg L⁻¹ (Tabela 8) onde teores abaixo de 50 mg L⁻¹ indicam águas moles. Moura et al. (2010), que ao analisar pontos de rios que compõe a Bacia do Gama em Brasília, observaram valores de dureza próximos aos observados na microbacia estudada, indicando que, mesmo com a frequente ação antrópica de áreas adjacentes, não ocorre alteração sensível a este parâmetro.

Para a condutividade elétrica (CE) ocorreu variação de 26 a 336 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 8). Os valores de CE indicam que a microbacia do Rio Coruja/Bonito sofre ação antrópica intensa, pela aplicação de DLS em áreas agricultáveis, despejo de efluente doméstico no rio, bem como, pela presença de abatedouros de suínos no decorrer do curso do rio, pois

conforme Buzelli & Cunha-Santino (2013), valores próximos aos $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam elevada quantidade de íons dissolvidos no corpo hídrico, especialmente, indicando ação antrópica, em especial, o despejo de efluentes. De maneira geral, os sólidos dissolvidos totais (SDT) (Tabela 8) não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução nº357 do CONAMA (BRASIL, 2005), que é de 500 mg L^{-1} . Para os parâmetros CE e SDT observou-se correlação significativa dos mesmos com os teores de NH_4^+ , P, Na, Ca, Mg e Mn, indicando que os íons não são contaminantes, com exceção do NH_4^+ e P.

Tabela 8. Valores de Ca e Mg dissolvido, dureza, condutividade elétrica (CE) e sólidos dissolvidos totais (SDT) obtidos para os pontos de estudo na microbacia do Rio Coruja/Bonito.

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Ca dissolvido, mg L ⁻¹																
1 ^a	0,18	0,17	0,21	0,18	0,02	0,09	0,18	0,15	0,12	0,09	0,23	0,22	0,27	0,22	0,20	0,21
2 ^a	1,62	0,02	0,99	1,10	0,00	0,14	0,62	0,02	1,56	0,00	2,02	1,12	1,33	1,12	1,10	0,89
3 ^a	0,21	0,08	0,17	0,16	0,03	0,09	0,10	0,08	0,23	0,06	0,22	0,18	0,16	0,18	0,17	0,21
4 ^a	0,32	0,21	0,19	0,24	0,16	0,10	0,15	0,15	0,20	0,17	0,22	0,29	0,33	0,29	0,28	0,25
5 ^a	1,50	1,30	1,90	1,70	0,20	0,50	0,40	0,70	1,70	0,40	2,40	1,50	2,30	1,50	1,60	1,50
Mg dissolvido, mg L ⁻¹																
1 ^a	7,95	0,98	1,35	2,38	0,90	1,31	1,48	0,82	1,03	0,90	1,72	2,17	1,15	2,17	1,56	1,39
2 ^a	6,00	1,28	2,35	3,06	1,59	1,41	1,92	1,41	2,22	1,11	1,98	2,01	1,97	2,01	2,06	1,94
3 ^a	5,41	0,61	1,35	2,13	0,61	0,61	0,94	0,49	1,92	0,45	0,94	1,35	1,35	1,35	1,31	1,96
4 ^a	0,69	0,32	0,82	0,61	0,94	1,34	0,98	1,80	2,30	1,55	1,63	1,47	0,82	1,47	1,43	1,31
5 ^a	0,08	0,58	0,62	0,48	0,12	0,04	0,13	0,05	0,05	1,25	1,17	0,97	1,21	0,97	1,54	2,13
Dureza, mg L ⁻¹																
1 ^a	3,20	4,46	6,10	10,23	3,77	5,61	6,53	3,75	4,51	3,95	7,67	9,48	5,41	9,48	6,91	6,25
2 ^a	28,75	5,29	10,99	15,34	6,55	6,15	9,44	6,45	13,03	4,58	13,20	11,08	11,42	11,08	11,21	10,20
3 ^a	22,81	2,73	6,00	9,18	2,61	2,76	4,14	8,22	8,50	8,01	4,43	6,01	5,96	6,01	5,83	8,63
4 ^a	3,65	1,86	3,84	3,13	4,28	5,99	4,41	7,81	9,95	6,83	7,81	6,80	4,19	6,80	6,60	6,01
5 ^a	4,03	6,59	5,74	6,68	1,74	2,15	9,66	0,20	2,66	5,14	6,56	3,99	6,45	3,99	6,33	8,78
CE, $\mu\text{S cm}^{-1}$																
3 ^a	135	28	47	63	90	34	63	49	92	40	90	55	41	55	59	26
4 ^a	127	26	49	236	26	34	236	36	120	36	230	58	184	58	51	223
5 ^a	215	33	66	75	39	46	75	53	336	49	157	128	53	128	110	116
SDT, mg L ⁻¹																
3 ^a	90	19	31	42	60	23	42	33	62	27	60	37	27	37	39	18
4 ^a	85	18	33	158	18	23	158	24	80	24	154	39	123	39	34	149
5 ^a	144	22	44	50	26	31	50	36	225	33	105	86	36	86	73	78

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1^a coleta: 20/07/15; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 24/06/2016.

Tabela 9. Teores médios das formas de K e Na obtidos nas coletas realizadas nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito.

Pontos	Total	Dissolvido	Particulado
	K, mg L ⁻¹		
PA1.1	12,25	11,77	0,47
PA1.2	5,72	5,72	0,00
A1.1	7,67	7,67	0,00
A1.2	4,72	4,72	0,00
PA2	4,65	3,25	1,11
N2	3,57	3,55	0,02
A2	7,53	7,53	0,00
PA3	4,41	4,41	0,00
N3	7,67	7,67	0,00
A3	5,00	5,00	0,00
PA4	15,51	15,51	0,00
R1	17,05	5,82	12,17
A4	9,31	8,02	1,29
R1	17,05	5,82	12,17
R2	6,73	6,68	0,05
R3	7,05	6,18	0,83
	Na, mg L ⁻¹		
PA1.1	4,17	4,17	0,00
PA1.2	2,83	2,27	0,66
A1.1	4,47	1,79	2,68
A1.2	2,79	2,43	0,36
PA2	2,56	1,78	0,78
N2	2,43	1,82	0,64
A2	2,15	1,86	0,29
PA3	3,16	2,11	1,05
N3	6,11	4,86	1,43
A3	2,22	1,74	0,52
PA4	5,06	5,00	0,06
R1	3,49	3,47	0,02
A4	11,16	1,14	10,02
R1	3,49	3,47	0,02
R2	11,16	1,14	10,02
R3	2,89	2,80	0,09

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio.

Tabela 10. Correlação de Pearson para os valores de CE e SDT observados nos pontos de coleta.

Parâmetro	CE/SDT	
	Valor <i>p</i>	R ²
NH ₄ ⁺	0,02	0,544
P	0,05	0,491
Na	0,001	0,737
Ca	0,05	0,486
Mg	0,04	0,516
Mn	0,03	0,542

Correlação de Pearson realizada ao nível de 5% de significância; Para os teores avaliados foram consideradas as médias das cinco coletas avaliadas.

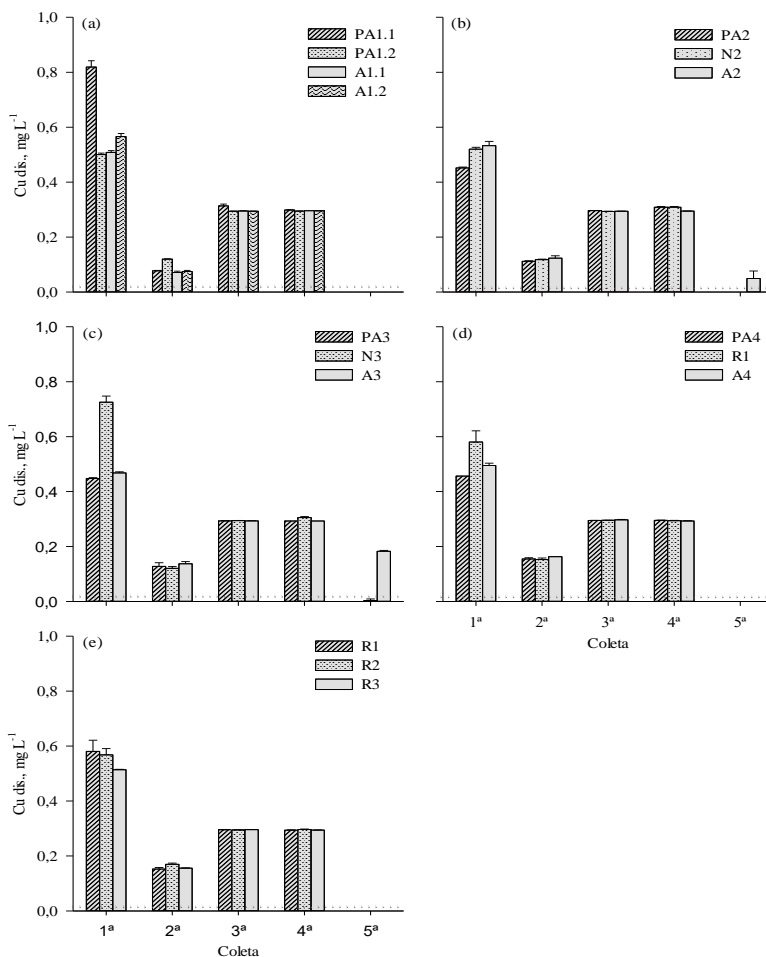
6.2.6. Teores e formas de Cobre, Zinco e Manganês

Segundo a Resolução CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005) são permitidos níveis máximos de 0,009 mg L⁻¹ de Cu dissolvido (Cu dis.) em águas da classe 2. Os teores de Cu dis. obtidos nos pontos de coleta da bacia do Rio Coruja/Bonito variaram de 0,00 a 0,82 mg L⁻¹ (Figura 9).

A coleta de Jun./16 apresentou valores nulos para Cu dis., com exceção dos pontos A2 e A3 e, para a coleta de Out./15, os mesmos pontos apresentaram os menores teores. Para as coletas de Out./15, Dez./15 e Mar./16 os teores de Cu dis. mantiveram-se estáveis nos pontos de coleta. Os pontos N3 e R1 apresentaram os maiores teores de Cu dis. na coleta de Jul./15, sendo justificado pela constante movimentação dos corpos hídricos e carga contaminante recebida, o mesmo sendo, refletido para os pontos PA1.1 e A2, que mesmo possuindo estagnação da água, recebem grande aporte de material contaminante.

Para os poços de abastecimento utilizados para consumo humano, os teores médios de Cu dis. observados foram de 0,23, 0,23, 0,29 e 0,24 mg L⁻¹ para o PA1.2, PA2, PA3 e PA4, respectivamente, indicando contaminação com teores 25 vezes superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005).

Figura 9. Teores de Cu dissolvido observados nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

Os teores de Zn total obtidos nos pontos de coleta da microbacia do Rio Coruja/Bonito variaram de 0,00 a 0,83 mg L⁻¹ (Figura 10). Para os valores de Zn total, o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA

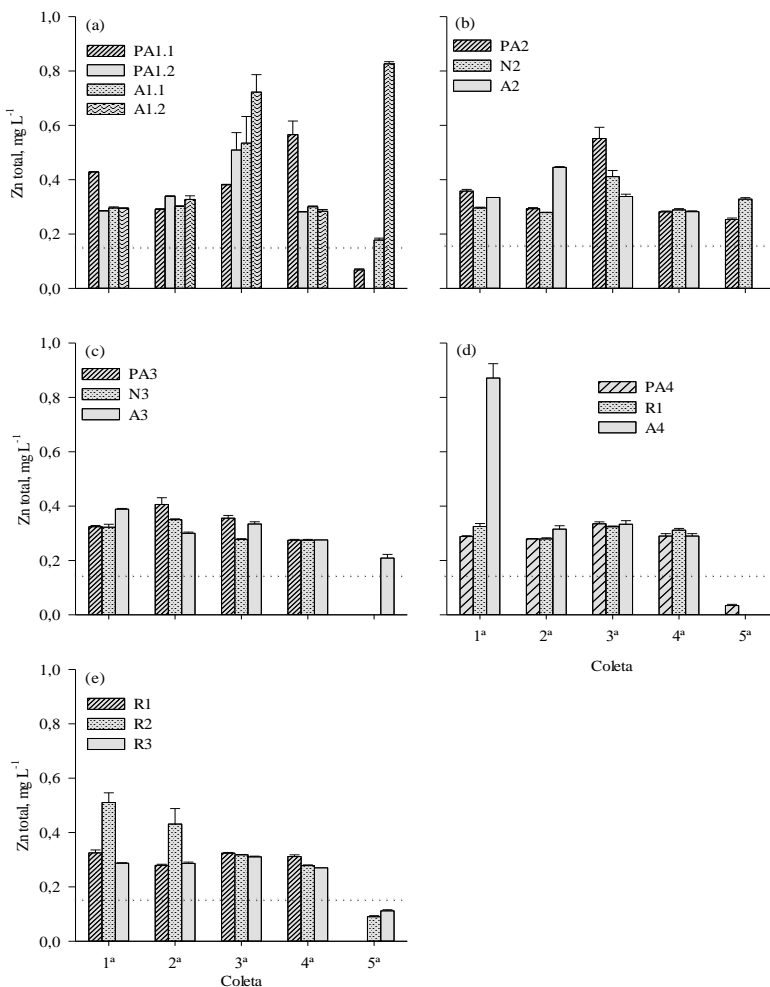
nº357/2005 (BRASIL, 2005) é de 0,18 mg L⁻¹, sendo que os teores observados foram, em média, 2 vezes maiores ao limite estabelecido. Os teores de Zn apresentam toxicidade ambiental em áreas de aplicação de DLS, em decorrência das elevadas quantidades de Zn adicionadas às rações para evitar problemas com os suínos pós-desmame (BASSO et al., 2012).

Ao contrário do observado para o Cu dis., os teores de Zn total apresentaram maior variação nos pontos de coleta, indicando que, para cada ponto de análise o Zn apresentou comportamento diferente, estando fortemente relacionado a quantidade de material particulado em cada ponto de estudo. Para os poços de abastecimento humano, os teores de Zn total apresentaram valores de 0,28, 0,35, 0,24 e 0,25 mg L⁻¹ para os pontos PA1.1, PA2, PA3 e PA4, respectivamente, apresentando teores médios de 1,33 vezes superior ao limite estabelecido pela resolução.

Os menores teores de Zn total nos pontos de coletas foram observados na coleta realizada no mês de Jun./16, sendo que no período que antecedeu a coleta foram observados os menores índices pluviométricos do período de estudo (Figura 1). Nesse sentido, Barros et al. (2009), ao analisarem pontos do Rio Turvo Sujo/MG, observaram que no outono a concentração média de Zn foi de 13,19 µg L⁻¹, enquanto que no verão a concentração média foi de 3,78 µg L⁻¹, indicando que, em épocas de menores precipitações, ocorre maiores processos de sedimentação de material particulado que contém o Zn adsorvido.

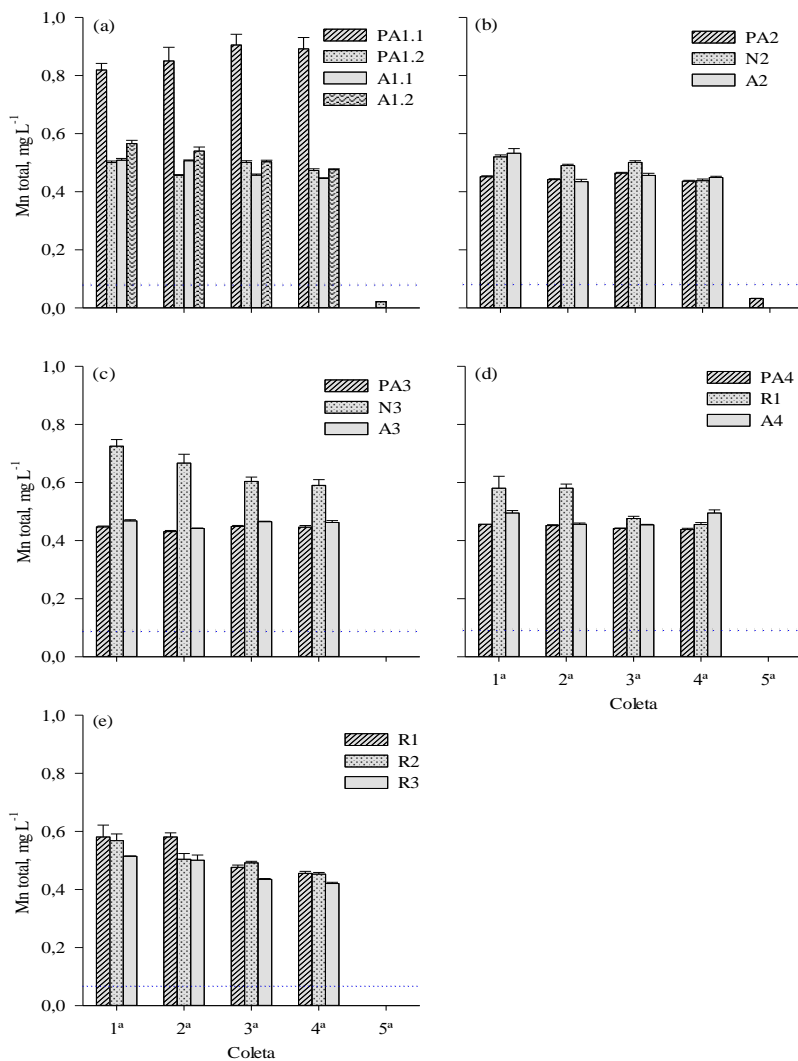
Os maiores teores de Mn total foram observados, em todas as coletas, no ponto PA1.1, indicando que a quantidade de Mn carregada ao ponto de coleta é maior que os demais pontos, uma vez que o mesmo se encontra desprotegido. Para os demais pontos, de maneira geral, ocorreram valores similares, com exceção do ponto N3 (Figura 11). Os resultados obtidos são superiores aos observados por Bucci et al. (2015), que observaram teores médios de Mn de 0,02 mg L⁻¹ na represa Dr. João Penido/MG, que mesmo sendo um corpo hídrico intermediário, recebe grande aporte de efluentes urbanos, agrícolas e industriais, aumentando a degradação da água deste corpo.

Figura 10. Teores de Zn total observados nos pontos de estudo da microbacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1^a coleta: 20/07/2015; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

Figura 11. Teores de Mn total observados nos pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 1^a coleta: 20/07/2015; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 20/06/2016. Linha pontilhada representa os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005.

Os teores de Mn total obtidos nos pontos de coleta na bacia do Rio Coruja/Bonito estiveram na maior parte do período de estudo acima do limite de $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005), indicando elevado grau de contaminação. Altos teores de Mn, quando ingerido por seres humanos, podem causar problemas de ordem neurológica, causando danos no sistema nervoso central e periférico, englobando disfunções de ordem motora, comportamentais e quadros de psicose (ALVES et al., 2010). Os teores de Mn apresentam relação com os índices pluviométricos, conforme observado por Barros et al. (2009) em estudo no Rio Turvo Sujo/MG. Esses autores observaram que em épocas de maiores índices pluviométricos aumentavam os teores de Mn na água.

De maneira geral, o Zn e Mn apresentam maior tendência de serem encontrados em formas particuladas, ficando adsorvidos aos sedimentos presentes nos corpos hídricos e aumentando o potencial de contaminação dos mesmos (ARAÚJO et al., 2008). Nesse sentido, Capoane (2016) analisando pontos do Arroio Caldeirão em Palmitinho/RS, observou que o Zn e o Mn mantiveram-se em maior proporção adsorvidos aos sedimentos coletados, quando comparados ao Cu, em decorrência dos processos de erosão dos solos, onde o Zn e o Mn possuem maior afinidade a fração mineral. Nessa mesma linha, Cesar et al. (2011), ao analisarem os teores de metais pesados adsorvidos aos sedimentos do rio Piabanha/RJ, observaram teores de $85,39 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu e $235,15 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn nos sedimentos analisados, corroborando com os demais autores citados.

6.2.7. Teores de Matéria Orgânica Dissolvida (MOD) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para os pontos de estudo da bacia do Rio Coruja/Bonito, o parâmetro MOD (Tabela 11) apresentou variação de $0,66$ a $1730,22 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que o parâmetro DQO apresentou variação de $7,28$ a $63,08 \text{ mg L}^{-1}$ para a coleta de Mar./16 e de $5,03$ a $59,82 \text{ mg L}^{-1}$ para a coleta de Jun./16 (Figura 12). Esses parâmetros não são contemplados pela resolução CONAMA nº357 (BRASIL, 2005).

Para os pontos de estudo ocorreu variação sazonal dos teores de MOD, com padrão de elevação dos teores da 1ª coleta para a 2ª coleta, seguido de redução na 3ª e 4ª coleta, com elevação para a 5ª coleta. Esta variação pode ser justificada pelo aumento nos índices pluviométricos na 2ª coleta (Figura 1) e diminuição a partir da 3ª coleta, no período do verão, refletindo em menor carreamento de partículas aos corpos hídricos em

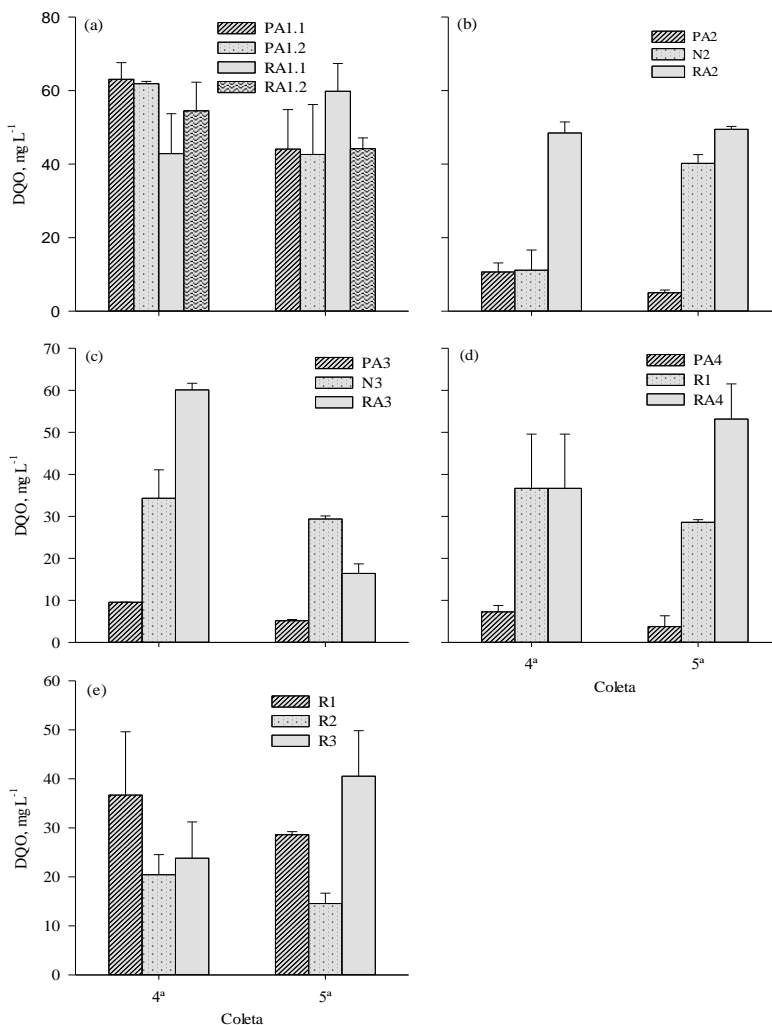
interação com o meio. Para os valores de DQO, os poços de abastecimento apresentaram menores valores quando comparados aos demais pontos avaliados, ocorrendo variação para os poços da propriedade 1 para a coleta de Mar./16, indicando que para esses poços ocorre maior carga orgânica, necessitando assim, maior quantidade de oxigênio para a degradação da mesma.

Tabela 11. Teores de Matéria Orgânica dissolvida observados nos pontos de estudo na bacia do Rio Coruja/Bonito.

Ponto	Coleta				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
	MO, mg kg ⁻¹				
PA1.1	30,50	10,61	14,59	31,61	22,17
PA1.2	23,20	35,80	14,59	9,28	22,99
A1.1	31,16	9,28	15,25	13,26	22,99
A1.2	25,86	12,60	18,57	9,95	126,43
PA2	22,53	35,14	15,91	1,99	18,88
N2	19,89	40,45	20,55	0,66	28,73
A2	23,21	63,66	27,19	9,28	15,60
PA3	11,93	82,88	41,77	15,25	23,81
N3	19,22	62,99	34,48	12,60	18,06
A4	16,58	57,02	34,48	11,94	29,55
PA4	15,91	87,53	37,13	3,98	13,14
R1	19,89	45,09	35,81	6,63	36,94
A4	18,57	42,44	31,83	14,59	1730,22
R1	19,89	45,09	35,81	6,63	36,94
R2	33,15	57,69	37,13	14,59	21,64
R3	27,85	42,44	33,15	13,92	19,70

PA = poço de abastecimento; A = açude; N = nascente; R = rio. 1^a coleta = 20/07/2015, 2^a coleta = 20/10/2015; 3^a coleta = 05/12/2015, 4^a coleta = 21/03/2016, 5^a coleta = 24/06/2016.

Figura 12. Valores para DQO observados nos pontos de estudo na bacia do Rio Coruja/Bonito para as propriedades 1 (a), 2(b), 3 (c), 4 (d) e Rio Coruja (e).



PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio; 4ª coleta: 21/03/2016, 5ª coleta: 24/06/2016.

Para os pontos do Rio Coruja, na coleta de Mar./2016, os pontos R2 e R3 apresentaram teores similares, indicando que, mesmo com a presença de corredeiras no rio, a carga de material orgânico recebida pelo

corpo, naquele espaço temporal, manteve-se constante no seu curso. Para a coleta de Jun./2016, o ponto R3 apresentou maior DQO, indicando que, a necessidade de oxigênio para degradação da MO é maior nesse ponto e período, indicando que, o menor índice pluviométrico registrado, aumenta a necessidade de degradação de compostos que anteriormente estavam sedimentados e tornaram solúveis. Thebaldi et al. (2011) observaram que, em pontos a montante do recebimento de efluente de abatedouros bovinos, os valores de DQO eram maiores que após o recebimento deste efluente, indicando que mesmo com processos de estabilização, os efluentes ainda ocasionam desequilíbrio nas relações bióticas, diminuindo a capacidade de auto-depuração dos corpos hídricos.

6.3 Caracterização química do solo

6.3.1. pH, Al trocável, matéria orgânica e H+Al

Os valores de pH nos pontos de estudo variaram de 4,60 a 6,06 (Tabela 12), sendo o menor valor observado na camada 10-20 cm do ponto PA1.2 e o maior valor obtido na camada de 20-40 cm do ponto PA4. Em média, os pontos avaliados apresentaram valores de pH próximos a 5,00 corroborando com Couto et al. (2013), em diferentes pontos de estudo na mesma bacia, observaram que os valores médios de pH ficaram em 5,10.

Nesse sentido Cassol et al. (2012) obteve valores médios de pH 6,00 na camada superficial do solo, diminuindo em profundidade, em experimentos com doses crescentes de DLS. Desta maneira, menores valores de pH em profundidade podem facilitar a lixiviação de compostos contaminantes e poluentes aos mananciais hídricos subterrâneos, especialmente os catiônicos, em função do balanço de cargas nos coloides do solo.

Para os teores de Al trocável (Tabela 12), ocorreu variação de 0,11 a 2,16 cmol_c dm⁻³, sendo o menor valor observado na camada 5-10 cm do ponto PA4 e o maior teor na camada de 10-20 cm do ponto N2. Para valores de pH abaixo de 5,50 espera-se a obtenção de teores de Al trocável, que em decorrência da acidez do solo, permite que o mesmo encontra-se em solução. Cassol et al. (2012) observaram redução nos teores de Al trocável em Latossolo com aplicação de DLS, especialmente em função da formação de complexos organometálicos e também pela elevação do pH do solo. Resultados semelhantes forma obtidos por Lourenzi et al. (2011) em estudo com aplicação das doses de 0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ de DLS em Argissolo.

Tabela 12. Valores de pH, teores de Al trocável, MO e H+Al para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.

Prof., cm	Ponto									
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	A3	PA4	A4
	pH									
0-5	5,81 a	4,88 b	4,96 b	5,21 b	5,87 b	5,03 a	4,69 a	4,87 b	5,22 b	5,25 a
5-10	5,21 a	5,09 b	5,70 a	4,90 a	5,71 ab	5,08 a	5,24 a	5,33 a	5,76 ab	5,83 a
10-20	5,44 a	4,60 b	5,79 a	5,53 ab	5,42 ab	5,57 a	5,20 a	4,78 b	5,58 ab	5,91 a
20-40	5,34 a	5,51 a	5,18 ab	5,22 ab	5,18 b	5,52 a	5,09 a	5,34 a	6,06 a	5,94 a
CV, %	5,35	4,17	4,27	3,44	4,51	7,73	7,22	2,58	3,96	4,90
	Al trocável, cmolc dm ⁻³									
0-5	0,5 ab	0,9 b	0,3 b	0,5 c	0,1 b	0,9 a	0,2 d	0,5 c	0,2 a	0,1 b
5-10	0,4 b	1,0 b	0,4 b	1,5 a	0,2 b	1,0 a	0,7 c	1,9 a	0,1 a	0,6 a
10-20	0,9 ab	1,5 ab	0,4 b	1,1 b	1,0 a	2,1 a	1,1 b	1,2 ab	0,5 a	0,3 ab
20-40	1, a	1,9 a	1,5 a	1,5 a	1,4 a	2,1 a	1,8 a	1,7 ab	0,4 a	0,4 ab
CV, %	21,52	14,76	21,06	13,10	33,56	33,99	9,70	35,52	59,48	39,29
	MO, g kg ⁻¹									
0-5	17,11 ab	40,26 a	35,60 a	5,27 c	62,42 ns	32,50 a	68,80 a	77,18 a	60,15 a	22,49 a
5-10	11,35 b	18,04 b	36,89 a	5,78 a	45,54 ns	26,56 a	52,85 bc	41,11 c	36,21 b	15,72 b
10-20	13,97 b	13,28 b	21,86 b	13,90 b	44,26 ns	25,09 a	41,10 c	15,85 d	29,87 b	23,78 a
20-40	24,01 a	51,85 a	24,80 b	38,90 a	58,70 ns	7,10 b	53,77 b	54,84 b	22,19 b	20,28 ab
CV, %	21,93	16,24	9,21	14,56	19,30	22,90	8,49	9,27	16,80	11,05
	H+Al, cmolc dm ⁻³									
0-5	2,66 a	3,55 a	4,47 a	3,62 a	2,25 a	4,09 a	2,95 b	4,12 a	2,74 a	3,43 a
5-10	3,43 a	2,60 a	2,50 a	3,46 a	2,57 a	3,69 a	2,95 b	5,37 a	3,03 a	3,58 a
10-20	2,91 a	3,47 a	1,82 a	3,73 a	3,48 a	4,24 a	5,78 a	2,87 a	3,56 a	2,10 a
20-40	3,96 a	4,38 a	5,06 a	4,76 a	6,63 a	4,98 a	5,71 a	6,24 a	1,97 a	2,67 a
CV, %	36,78	33,90	42,75	57,41	60,79	49,91	22,77	63,77	48,26	38,12

PA = poço de abastecimento; A = açude; N = nascente. Médias seguidas por letras diferentes na coluna apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os teores de MO do solo, variaram de 5,95 a 77,18 g kg⁻¹, sendo o menor teor obtido na camada 0-5 cm do ponto PA1.2 e o maior teor na camada de 0-5 cm do ponto A3 (Tabela 12). Os teores de MO estão relacionados com a presença de vegetação nos pontos avaliados, sendo que para o ponto PA1.2, onde não há presença de vegetação, foram observados maiores teores de MO em profundidade, o que pode estar relacionado as perdas de C nas camadas superficiais. Já os maiores teores de MO foram observados no ponto A3, o qual apresentava-se coberto por gramíneas no momento da coleta do solo. Conforme Loss et al. (2009), a quantidade de resíduos adicionados ao solo é fator determinante para a quantidade de MO, bem como, influencia diretamente a qualidade do solo. Já Pillon et al. (2011) salientam que a MO do solo é um indicador eficiente para o manejo atribuído aos solos, onde os teores na camada superficial são os principais indicadores para a qualidade do solo, bem como, pelo menor poder contaminante que alguns íons podem apresentar ao interagir com a MO do solo.

Para o parâmetro H+Al ocorreu variação de 1,82 cmol_c dm⁻³ a 6,63 cmol_c dm⁻³ nos diferentes pontos e camadas avaliadas (Tabela 12). De maneira geral, observou-se incrementos nos valores de H+Al em profundidade, conforme observado por Brunetto et al. (2012) que, ao avaliarem os parâmetros da acidez do solo com aplicação de DLS por oito anos, observaram incrementos nos teores de H+Al em profundidade, sendo mais significativos no tratamento testemunha quando comparado com a aplicação de DLS e cama sobreposta de suínos.

6.3.2. Teores de N mineral, P e K disponíveis

Os teores de N mineral obtidos apresentaram variação de 6,59 mg kg⁻¹ a 58,62 mg kg⁻¹, sendo que o menor teor foi obtido no ponto PA2, para a camada de 20-40 cm, e o maior teor no ponto A1.2 na camada de 5-10 cm (Tabela 13). Devido à grande dinâmica do N no sistema solo, não foi observado comportamento característico desse elemento nas camadas avaliadas. Isso ocorre devido à baixa interação do N com os colóides do solo, conforme observado por Fioreze et al. (2012), o que facilita as transferências desse elemento por escoamento superficial (Ceretta et al., 2010b) e percolação (Giroto et al., 2013). Nesse sentido, Silveira et al. (2011) salientam que as perdas de N no solo ocorrem, principalmente, pelas formas solúveis (NO₃⁻ e NH₄⁺) geralmente em processos intensos de precipitação.

Aliado a isso, o N aplicado ao solo via DLS apresenta-se, predominantemente, na forma amoniacal (BASSO et al. 2005;

GONZATTO et al., 2013) em decorrência da sua forma de armazenamento, que de maneira geral, é realizada em condições de anaerobiose (PINTO et al., 2014). Após a aplicação dos dejetos ao solo, ocorrem reações de oxidação, transformando o N amoniacal (NH_4^+) em N nítrico (NO_2^- e NO_3^-), as quais apresentam grande mobilidade no solo, podendo sofrer intensas transferências por escoamento superficial e percolação (Ceretta et al., 2010b; Girotto et al., 2013), contaminando desta maneira os corpos hídricos superficiais e subterrâneos.

Os teores de P disponível apresentaram variação de 2,51 mg kg⁻¹ a 71,18 mg kg⁻¹, sendo o menor teor no ponto N2, na camada de 0-5 cm, e o maior teor no ponto PA4, na camada 10-20 cm (Tabela 13). De maneira geral, os maiores teores de P foram observados na camada de 0-5 cm, corroborando com resultados obtidos por Gatiboni et al. (2008) e Ceretta et al. (2010a). Ambos os autores, ao avaliarem as formas de acúmulo de P em solo submetido a sucessivas aplicações de dejetos líquidos de suínos, observaram que o P acumula-se, principalmente, na camada superficial do solo e, especialmente, em formas inorgânicas prontamente disponíveis, o que facilita os processos de transferências para mananciais hídricos, podendo ocasionar a eutrofização dos mesmos.

Nesse sentido, mesmo não recebendo de maneira direta a aplicação de DLS, o solo nas áreas adjacentes aos pontos de estudo para a qualidade da água, podem alterar os teores de P nos mananciais hídricos, especialmente, pelo escoamento superficial de áreas agrícolas adjacentes. Devido ao fato da maioria dos pontos de coleta de água encontrarem-se abaixo de áreas agricultáveis, sugere-se que os processos de erosão no entorno têm provocado a contaminação dos pontos de água.

Em relação aos teores de K disponível, ocorreram variações de 22,00 mg Kg⁻¹ a 159,33 mg kg⁻¹, sendo os menores teores no ponto N2 na camada de 20-40 cm e os maiores teores no ponto PA2 para a camada de 0-5 cm (Tabela 13). Os pontos PA1.1, A1.1, A1.2 e PA4 apresentaram maiores teores de K disponível para a camada de 20-40cm, que pode ser justificado pelo K apresentar maior mobilidade no solo, especialmente em relação ao P, e conforme Cassol et al. (2012), os teores de K no solo podem sofrer diferenças no perfil do solo em decorrência dos processos de lixiviação, bem como pela absorção de K das camadas superficiais do solo pelas plantas, uma vez que é um dos nutrientes exigidos em maiores quantidades pelas plantas.

Tabela 13. Teores de N mineral, P e K disponível para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.

Prof., cm	Ponto									
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	A3	PA4	A4
N mineral, mg kg ⁻¹										
0-5	24,89 ab	32,08 a	18,59 b	15,07 a	21,00 a	30,33 a	38,50 a	36,75 a	44,72 a	28,87 b
5-10	18,37 bc	36,26 a	58,62 a	15,94 a	13,71 b	20,12 b	33,54 ab	22,75 ab	19,83 b	44,48 a
10-20	14,87 c	23,91 ab	23,13 b	24,11 a	8,17 bc	17,79 b	12,83 c	25,08 ab	17,24 b	23,62 b
20-40	27,41 a	11,67 b	25,47 b	10,79 a	6,59 c	37,91 a	26,31 b	16,62 b	9,52 b	22,26 b
CV, %	12,03	29,47	19,14	37,94	20,69	12,69	15,71	23,85	28,15	10,76
P disponível, mg L ⁻¹										
0-5	45,28 a	8,10 a	33,03 a	4,50 b	33,89 a	2,51 b	33,01 a	5,26 a	48,02 ab	30,77 a
5-10	15,38 b	3,80 b	22,43 ab	5,39 b	9,44 b	4,04 a	28,01 a	3,83 a	24,67 b	37,53 a
10-20	13,03 b	4,48 b	16,62 b	8,24 a	4,23 b	2,59 b	7,66 b	6,58 a	71,18 a	17,07 a
20-40	3,51 b	2,64 b	28,82 a	4,26 b	5,03 b	3,59 ab	2,73 b	2,83 a	43,04 ab	5,05 a
CV, %	25,88	28,79	17,89	19,24	28,55	15,52	16,19	38,49	23,82	85,58
K disponível, mg L ⁻¹										
0-5	66,00 b	155,22 a	5,50 b	77,67 a	159,33 a	118,50 a	130,00 a	73,44 a	150,50 a	89,83 a
5-10	41,50 c	38,83 b	56,33 b	73,17 a	138,50 b	51,66 b	29,33 b	45,00 a	102,11 a	47,83 b
10-20	24,16 c	50,55 b	24,00 b	79,00 a	101,00 c	31,53 bc	29,50 b	42,11 a	140,17 a	42,50 b
20-40	97,83 a	35,33 b	137,00 a	92,33 a	75,83 d	22,00 c	32,83 b	35,55 a	134,83 a	87,00 a
CV, %	13,03	41,06	23,42	10,98	5,06	16,19	16,99	32,17	17,72	10,26

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente. Médias seguidas por letras diferentes na coluna apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os pontos A1.1, PA2, N2, A2 e PA4 apresentaram teores de K, em pelo menos uma profundidade, acima de 100 mg dm^{-3} que, segundo Uberti (2005), são justificados pelo intemperismo do material de origem, que contém feldspatos e micas. Em especial, aos pontos PA2 e PA4 que recebem efluente de origem animal e humana, respectivamente, no solo, os teores de K disponível no solo, mantiveram-se, em todo o perfil estudado teores acima dos 100 mg dm^{-3} , indicando que, os efluentes depositados alteram as características químicas do solo e podem alterar assim as características químicas da água, em especial para o ponto PA4, que possui menor profundidade. Nesse sentido, Cassol et al. (2012) observaram que a aplicação de dejetos suíno, a partir de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, proporcionou incremento nos teores de K disponível no solo, sendo que quanto maior a dose de dejetos aplicada, maiores foram os incrementos observados.

6.3.3. Teores de Ca e Mg disponível

Os teores de Ca disponível variaram de 1,02 a $10,59 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo o menor valor para o ponto A1.1, para a profundidade de 20-40 cm, e o maior teor para o ponto PA4 na mesma profundidade (Tabela 14). Os teores de Mg disponível variaram de 0,10 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $4,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo o menor valor para o ponto A3, na profundidade de 5-10 cm, e o maior teor no ponto PA4, na profundidade de 0-5 cm (Tabela 14). Segundo Veiga et al. (2012), os teores de Ca e Mg disponíveis diminuem com o aumento da profundidade do solo, ocorrendo maior acúmulo destes nutrientes nas camadas superficiais do solo, especialmente, em virtude das práticas agrícolas como a aplicação de dejetos de animais.

Apesar de serem encontrados em menores quantidades nos DLS, aplicações sucessivas de dejetos ao solo podem provocar acúmulo de Ca e Mg, especialmente, nas camadas superficiais do solo, conforme observado por Lourenzi et al. (2011). Dessa forma, Bertol et al. (2011) salientam que os íons de Ca e Mg podem ser carregados para corpos hídricos em eventos pluviométricos intensos, fazendo com que os teores dissolvidos e particulados dos mesmos podem elevar-se de maneira considerável, alterando parâmetros como os sólidos dissolvidos totais e a condutividade elétrica da água.

Tabela 14. Teores de Ca e Mg disponíveis para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.

Ponto	Profundidade, cm				CV (%)
	0-5	5-10	10-20	20-40	
Ca disponível, cmol _c dm ⁻³					
PA1.1	3,65 a	1,23 b	2,36 b	3,05 a	39,49
PA1.2	2,54 ab	3,11 a	2,06 ab	1,62 b	19,81
A1.1	7,13 a	4,19 a	4,94 a	1,02 a	20,18
A1.2	3,36 a	3,72 a	2,29 a	2,17 a	29,98
PA2	3,56 a	2,23 a	2,03 a	2,28 a	35,57
N2	1,07 a	2,67 a	1,59 a	1,83 a	50,83
A2	5,28 a	3,62 ab	2,06 b	2,43 b	29,89
A3	2,36 a	3,24 a	2,23 a	2,09 a	26,96
PA4	6,77 ab	9,46 a	4,17 b	10,59 a	20,32
A4	3,82 a	7,10 a	4,86 a	4,49 a	26,92
Mg disponível, cmol _c dm ⁻³					
PA1.1	2,25 a	1,83 ab	1,41 b	1,29 b	16,43
PA1.2	0,96 ab	1,46 a	1,34 a	0,44 b	25,66
A1.1	3,27 a	2,43 ab	1,67 b	1,11 b	23,93
A1.2	2,02 a	1,79 a	1,90 a	2,16 a	11,62
PA2	3,63 a	2,48 a	2,54 a	1,02 b	21,15
N2	1,38 a	0,43 b	0,28 b	0,13 b	36,09
A2	4,26 a	2,82 b	1,51 c	1,53 c	17,04
A3	1,83 a	0,10 b	1,59 a	0,61 b	21,36
PA4	4,75 a	4,19 a	2,56 b	2,92 b	10,45
A4	3,00 ab	3,21 ab	3,47 a	2,82 b	6,27

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente. Médias seguidas por letras diferentes na coluna apresentam diferença estatística pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

6.3.4. Teores de Cu, Zn e Mn trocáveis

Os teores de Cu disponível apresentaram variação de 0,00 mg L^{-1} a 8,00 mg L^{-1} nos pontos avaliados, sendo o menor valor foi obtido para o ponto A4, na camada de 20-40 cm, e o maior teor no ponto A1.1, na camada de 0-5 cm (Tabela 15). Para o solo, a resolução CONAMA n° 420 (BRASIL, 2009) estabelece como limite o teor de 60 mg kg^{-1} , para ações de prevenção, e de 200 mg kg^{-1} , para investigação em áreas agrícolas (Tabela 16). Dessa forma, para os pontos avaliados não há indicativo de problema de contaminação por Cu no solo.

Os teores de Zn disponível variaram de 1,00 mg kg⁻¹ a 28,66 mg kg⁻¹, sendo o menor valor obtido no ponto PA1.2, para a camada de 20-40 cm, e o maior valor obtido para o ponto PA1.1, na camada de 5-10 cm (Tabela 15). Semelhante ao Cu, para o Zn também não foram observados problemas de contaminação do solo com base na resolução CONAMA nº 420 (BRASIL, 2009), que estabelece como limite o teor de 300 mg kg⁻¹, para ações de prevenção, e de 450 mg kg⁻¹, para investigação em áreas agrícolas (Tabela 16). Comparado ao Cu, os teores de Zn disponível foram maiores, semelhante ao observado por Basso et al. (2012) em áreas de aplicação de DLS, além disso, os autores salientam que os maiores acúmulos de Zn em áreas que não recebem aplicação de dejetos são decorrentes do material de origem desses solos.

Os teores de Mn disponível variaram de 6,00 mg kg⁻¹ a 54,00 mg kg⁻¹, sendo o menor valor obtido para os pontos PA2 e PA4, na camada de 20-40 cm, e o maior teor no ponto A1.2, na camada de 20-40 cm (Tabela 15). O Mn é o micronutriente que é adicionado a ração dos suínos para complementar as necessidades dos mesmos, auxiliando principalmente na reprodução dos suínos, nesse sentido, teores mais elevados de Mn obtidos no solo são decorrentes da adição desse nutriente na ração, que são pouco aproveitados pelo sistema digestivo dos suínos e acabam sendo excretados.

Tabela 15. Teores de Cu, Zn e Mn disponível para os pontos de estudo da Bacia Rio Coruja/Bonito.

Prof., cm	Ponto									
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	A3	PA4	A4
Cu disponível, mg kg ⁻¹										
0-5	1,90 b	1,42 ab	8,00 a	1,00 a	3,00 a	1,00 a	2,00 a	0,87 a	3,07 a	1,90 a
5-10	4,00 a	2,00 ab	7,66 a	1,00 a	1,33 ab	0,96 a	1,00 a	1,33 a	1,33 b	0,66 ab
10-20	1,00 b	3,00 a	5,53 b	1,33 a	0,85 b	0,66 a	1,00 a	1,66 a	4,00 a	2,00 a
20-40	2,00 b	0,66 b	1,66 c	1,00 a	0,52 b	0,66 a	1,00 a	1,92 a	0,75 b	0,00 b
CV, %	22,81	35,73	8,39	26,65	45,01	49,61	40,00	29,48	25,81	51,14
Zn disponível, mg kg ⁻¹										
0-5	6,33 b	6,00 a	31,33 a	4,33 b	11,33 a	5,00 a	19,00 a	3,00 a	27,00 a	19,33 a
5-10	28,66 a	4,00 ab	26,33 b	2,66 c	6,00 b	3,33 ab	20,33 a	5,00 a	15,00 b	4,66 a
10-20	4,66 b	3,66 ab	17,66 c	6,00 a	2,00 b	2,66 b	6,00 b	4,33 a	3,66 c	21,00 a
20-40	6,67 b	1,00 b	4,33 d	4,00 b	2,33 b	2,33 b	20,33 a	3,33 a	5,33 c	13,00 a
CV, %	13,19	45,91	9,17	9,61	31,53	21,21	25,05	32,96	13,39	54,70
Mn disponível, mgkg ⁻¹										
0-5	13,00 ab	16,00 a	20,66 a	37,00 b	10,66 a	19,66 a	17,66 a	24,33 a	18,00 a	10,33 b
5-10	8,33 b	9,33 b	15,33 b	45,00 b	10,00 a	15,66 a	8,33 b	10,33 b	10,00 b	23,66 a
10-20	9,33 ab	7,33 b	8,00 c	53,00 a	9,66 a	7,66 b	6,66 b	13,00 ab	8,66 b	6,66 b
20-40	17,00 a	6,00 b	11,00 c	54,00 a	6,00 a	7,66 b	11,00 ab	10,33 b	6,00 b	6,66 b
CV, %	25,06	16,89	10,07	9,64	28,95	15,46	31,73	34,65	23,12	26,16

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente. Médias seguidas por letras diferentes na coluna apresentam diferença estatística pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 16. Resolução CONAMA nº 420/2009 para os parâmetros Cobre e Zinco em solo e água subterrânea.

Substância	Solo, mg kg ⁻¹				Água Subterrânea, µg L ⁻¹
	Prevenção	Investigação			
		Agrícola	Residencial	Industrial	
Cobre	60	200	400	600	2.000
Zinco	300	450	1.000	2.000	1.050

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A bacia do Rio Coruja/Bonito apresenta altos índices de eutrofização em todos os pontos de coleta estudados, visto que os solos das propriedades estão contribuindo para os teores de P na água. Em relação a presença de compostos nitrogenados na água, mesmo estando dentro dos limites estabelecidos pela resolução na maioria das coletas realizadas, a chegada desses compostos na água é algo constante nos pontos de estudo, sendo atribuído esse processo a constante aplicação de dejetos suínos nas áreas agricultáveis, bem como ao aporte de efluente humanos aos corpos hídricos.

A presença de coliformes totais e termotolerantes, além dos metais pesados, também indicam alto grau de contaminação dos pontos avaliados. Dessa forma, é urgente a adoção de práticas que visam proteger o meio ambiente no local de estudo, uma vez que a bacia do Rio Coruja/Bonito sofre grande pressão antrópica, refletindo na degradação do meio ambiente, podendo provocar problemas de saúde pública às populações abastecidas pela água dessa bacia, em decorrência, especialmente, da carga microbiológica, de nutrientes e metais pesados, o que torna o tratamento convencional da água mais custoso aos órgãos públicos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual – 2016**. ABPA: 2016, 136 p.

ADELI, A.; BOLSTER, C.H.; ROWE, D.E.; McLAUGHLIN, M.R.; BRINK, G.E. Effect of long-term swine effluent applications on selected soil properties. **Soil Science**, v.17, n.3, p. 223-235, 2008

AGUIAR, C. P. O. de; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.; GOCH, Y. G. de F.; GUIMARÃES, A. dos S. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solos, na região amazônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.4, p. 1093-1102, 2015

ALBERGONI, L. & PELAEZ, V. Da Revolução Verde à Agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? **Revista de Economia**, v.33, n.1, p. 31-53, 2007

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. 2ª ed., Glasgow: Blackie Academic, 1995, 364 p.

ALVES, R.I. S.; TONANI, K.A.A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O.O.; TREVILATO, T.M.B.; SEGURA-MUÑOZ, S.I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Ambiente e Água**, v.5, n.3, p. 122-132, 2010

ALVES, I.C.C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. de L. S.; MONTEIOR, S. de M.; BARBOSA, L.P.F.; GUIMARÃES, J.T.F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, Norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v.2, n.1, p. 115-124, 2012

ANDRADE, A.P.; RAUBER, L. P.; MAFRA, A.L.; BARETTA, D.; ROSA, M. G. da; FRIEDERICH, A.; MAFRA, M. S. H.; CASARA, A. C. Changes in physical properties and organic carbon of a Kandiodox fertilized with manure. **Ciência Rural**, v.46, n.5, p. 809-814, 2016

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A.G. do; ALMEIDA, F.T.de; BONGIOVANI, M.C.; SCHNEIDER, R.M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Ambiente e Água**, v.11, n.1, p. 162-175, 2016

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington D.C., USA: American Public Health Association, 1995.

ARAÚJO, R.P.A.; SHIMIZU, G.Y.; BOHRER, M.B.C.; JARDIM, W. Avaliação da Qualidade de Sedimentos. In: ZAGATTO, P.A. & BERTOLETTI, E. (Org.) **Ecotoxicologia Aquática: princípios e aplicações**. 2ª ed., 2008, pp. 293-326

BARROS, F.M; MARTINEZ, M.A; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; MOREIRA, A.D.; ROSA, D.R.Q. Elementos químicos potencialmente tóxicos em diferentes níveis de vazão no rio Turvo Sujo, MG, Brasil. **Ambiente e Água**, v.4, n.2, p.93-105, 2009

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTTO, E. Dejeito líquido de suíno: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1305-1312, 2005

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; FLORES, E.M. de M.; GIROTTTO, E. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejeito líquido de suíno. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p. 653-659, 2012

BEM, C.C.; HIGUTI, J.; AZEVEDO, J.C.R. de Qualidade da água de um ambiente lótico sob impacto antropogênico e sua comunidade bentônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.2, p.418-129, 2015

BERWANGER, A.L.; CERETTA, C.A.; DOS SANTOS, D. R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejeito líquido de suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2525 – 2532, 2008

BERTOL, O.J.; FEY, E.; FAVARETTO, N; LAVORANTI, O.J.; RIZZI, N.E. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistemas de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 1841-1850, 2010

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; FEY, E.; LANA, M. do C. Perda de nutrientes via escoamento superficial no sistema plantio direto sob adubação mineral e orgânica. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p. 1914-1920, 2011

BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F.T.; PAZ-FERREIRO, J.; GEBLER, L.; RAMOS, J.C.; WERNER, R de S. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de Fósforo, Potássio e Amônio na água de enxurrada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 121-1430, 2011

BOUCHARD, D.C.; WILLIAMS, M.K.; SURAMPALLI, R. Y. Nitrate contamination of groundwater, sources and pottential health effects.

Journal of the American Water Works Associations, v.84, n.9, p. 85-90, 1992

BRASIL, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20/10/2015.

BRASIL, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 08/10/2016.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br>>. Acesso em: 28/10/2016.

BRASIL, D.M. **Apontamentos sobre o valor do prejuízo ecológico: alguns parâmetros da suinocultura em Braço do Norte**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, 2002, 222 f.

BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; SCHMITT, D.E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; MORAES, M. P. de; GATIBONI, L.C.; LOVATO, P.E.; CERETTA, C.A. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic Hapludalf after médium-term pig-slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p. 1620-1628, 2012

BUCCI, M. M. H. S.; DELGADO, F. E. da F.; SANTOS, C. da S.; OLIVEIRA, L. F. C. de Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos na represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Ambiente e Água**, v.10, n.04, p. 805-824, 2015

BUZELLI, G.M.& CUNHA-SANTINO, M.B. da. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório Barra Bonita, SP. **Ambiente e Água**, v.8, n.1, p.186-205, 2013

CAPOANE, V. Concentrações de Cu, Zn e Mn no sedimento de fundo de uma bacia hidrográfica com suinocultura intensiva. **Revista Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p. 43-58, 2016

CAPOANE, V.; TIECHER, T.; SCHAEFER, G.L.; CIOTTI, L.H.; SANTOS, D. R. dos Transferência de nitrogênio e fósforo para águas superficiais em uma bacia hidrográfica com agricultura e pecuária intensiva no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.45, n.04, p. 647-650, 2015

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Revista Limnology and Oceanography**, v.22, n.2, p. 361-369, 1977

CASSOL, P.C.; COSTA, A.C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C.M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v36, p. 1911-1923, 2012

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Ambiente e Água**, v.9, n.3, p. 551-558, 2014

CERETTA, C.A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTTO, E.; GATIBONI, L.C.; LOURENZI, C.R.; TIECHER, T.L.; CONTI, L. de; TRENTIN G.; MIOTTO, A.E. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p. 593-602, 2010a

CERETTA, C.A.; GIROTTTO, E.; LOURENZI, C.R.; TRENTIN, G.; VIEIRA, R.C.B.; BRUNETTO, G. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.139, p.689-699, 2010b

CESAR, R.; COLONESE, J.; SILA, M.; EGLER, S.; BIDONE, C.; CASTILHOS, Z.; POLIVANOV, H. Distribuição de mercúrio, cobre, chumbo, zinco e níquel em sedimentos de corrente da bacia do rio Piabanha, estado do Rio de Janeiro. **Geochimia Brasiliensis**, v.25, n.1, p. 35-45, 2011

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, **Índice de Estado Trófico**. 2012. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/04.pdf>>. Acesso em: 28/10/2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Divisão de Toxicologia Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. **Ficha de Informação Toxicológica – Cobre**. 2012a. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/Cobre.pdf>>. Acesso em: 28/10/2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Divisão de Toxicologia Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. **Ficha de Informação Toxicológica – Zinco**. 2012b. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/zinco.pdf>>. Acesso em: 28/10/2016

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Decisão de diretoria nº195-2005. Disponível em: <<https://www.agsolve.com.br/pdf/artigos/novatabelacetesb2005.pdf>>. Acesso em 30/11/2016.

COMISSÃO DE FERTILIDADE E QUÍMICA DO SOLO – CQFS – **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016, 376 p.

CONCEIÇÃO, F.T. da; MAZZINI, F.; MORUZZI, R.B.; NAVARRO, G.R.B. Influências naturais e antrópicas na qualidade da água subterrânea de poços de abastecimento público na área urbana de Marília (SP). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19, n.3, p. 227-238, 2014

CORDEIRO, M.A.; WERLE, C.H.; MILANEZ, G.P.; YANO, T. Curli fimbria: as *Escherichia coli* adhesin associated with human cystis. **Brazilian Journal Microbiology**, v.47, p. 414 – 416, 2016

COSTA, C. N.; MEURER, E. J.; De LIMA, C. V. S.; Dos SANTOS, R.C. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E.J. (Ed.) **Fundamento de Química do Solo**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2012, pp.201-242

COUTO, R. da R.; COMIN, J.J.; SOARES, C.R.F.S.; FILHO, P.B.; BENEDET, L.; MORAES, M.P.; BRUNETTO, G.; BEBER, C.L. Microbiological and chemical attributes of a Hapludalf soil with swine manure fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.7, p. 774-782, 2013

COUTO, R. da R. **Vulnerabilidade do solo a poluição por fósforo, cobre e zinco, em áreas sob aplicação de dejetos de suínos**. Tese do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2014, 173 p.

CUCIO, M.S. & PORTO, M. F. do A. Carga máxima admissível de fósforo e estado trófico do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos – SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.3, p. 677-688, 2015

CUNHA, D.G.F. & CALIJURI, M. do C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade de qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.4, p. 337-346, 2010

DANTAS, A.K.D.; SOUZA, C.; FERREIRA, M.S.; ANDRADE, M.A.; ANDRADE, D. de; WATANABE, E. Qualidade microbiológica da água de bebedouros destinadas ao consumo humano. **Revista Biociências**, v.16, n.2, p.1-7, 2010

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. rev. e amp. Centro Nacional em Pesquisa em Solos, Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Rio de Janeiro, 2013, 353 p.

FIA, R.; MATOS, A.T.; CORADI, P.C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico na água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Ambiente e Água**, v.4, n.1, p. 132-141, 2009

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C. de; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L.F.C. de Qualidade da água de um ecossistema lótico

urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.1, p. 267-275, 2015

FINKLER, N.R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T.A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V.A. Qualidade da água superficial por meio da análise de componente principal. **Ambiente e Água**, v.10, n.4, p. 182-192, 2015

FIGOIREZE, C.; CERETTA, C.A.; GIACOMINI, S.J.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p. 1187-1192, 2012

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise da água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno Saúde Pública**, v.17, n.3, p. 651-660, 2001

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEMER, D. dos S.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Formas de Fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 1753-1761, 2008

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T.J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P.C.; OLIVEIRA, C. M. B. **Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**. Boletim Técnico CAV-UDESC, 2014, 38 p.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T.J.; SCHMITT, D.E.; CASSOL, P.C.; OLIVEIRA, C.M.B. de Soil Phosphorus thresholds in evaluating risk of environmental transfer to surface waters in Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 1225-1234, 2015

GEBLER, L.; BERTOL, I.; RAMOS, R.R.; LOUZADA, J. A. S.; MIQUELLUTI, D.J. Fósforo reativo: arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p. 99-107, 2012

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2007, 121 f.

GIROTTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R. dos; SILVA, L. S. da; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquido de suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 955-965, 2010a

GIROTTTO, E.; CERETTA, C.A.; SANTOS, D. R. dos; BRUNETTO, G.; ANDRADE, J. G. de; ZALAMENA, J. Formas de perdas de cobre e fósforo em água de escoamento superficial e percolação em solo sob aplicações sucessivas de dejetos líquido de suínos. **Ciência Rural**, v.40, n.9, p.1948-1954, 2010b

GIROTTTO, E.; CERETTA, C.A.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; VIEIRA, R.C.B.; TRENTIN, G.; BASSO, C.J.; MIOTTO, A.; BRUNETTO, G. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.95, p. 115-131, 2013

GOMES, A. V. **Potencial de geração de energia através da gestão dos dejetos na suinocultura a sub-bacia hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte-SC**. Trabalho de Conclusão de Curso da Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 64 p. 2009

GOMES, L.P.; PERUZATTO, M.; SANTOS, V.S. dos; SELLITTO, M.A. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suinícolas. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.2, p. 143-154, 2014

GONÇALVES, P. E. R. da S.; OLIVEIRA, A. P. de; CRUZ, I. F. de; ZEILHOFER, P.; DORES, E. F. G. de C. Distribuição espacial de metais potencialmente tóxicos em água superficial nas bacias dos rios Cuiabá e São Lourenço – MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.01, p. 157-168, 2015

GONZATTO, R.; MIOLA, E. C.C.; DONEDA, A.; PUJOL, S.B.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso após aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo cultivado com milho. **Ciência Rural**, v.43, n.9, p. 1590-1596, 2013

HADLICH, G.M. **Poluição hídrica na bacia do Rio Coruja-Bonito (Braço do Norte, SC) e suinocultura: uma perspectiva sistêmica.** Tese do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, 2004, 273 f.

HIGARASHI, M.M.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P.A.V.de; KUNZ, A.; MATTEI, R.M.; SILVA, V.S.; AMARAL, A.L.do
Concentração de macronutrientes e metais pesados em maravalha de unidade de suínos em cama sobreposta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p. 311-317, 2008

KAUFMANN, V.; PINHEIRO, A.; CASTRO, N.M. dos R. Transporte de compostos de Carbono, Nitrogênio e Fósforo pelo escoamento da água em solos agrícolas da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19, n.1, p.75-86, 2014

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Redução da carga poluente: a questão dos nutrientes. In: SEGANFREDO, M. A. (Org.) **Gestão Ambiental na Suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007, 103-118 pp.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação de métodos de monitoramento.** Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos, Universidade de São Paulo (USP), 2004, 235 p.

LEITE, A.; SILVA, R.; CUNHA, E. Aplicação de um caso prático de doenças profissionais: relevância médico-legal: metais pesados e carcinogênese. **Arquivos de Medicina**, v. 29, n.4, p. 93 – 97, 2015

LÖBLER, C.A. & SILVA, J. L. da Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas em Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ambiente e Água**, v.10, n.01, p. 141-152, 2015

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. dos Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p. 1077-1082, 2009

LOSS, A.; LOURENZI, C.R.; JUNIOR, E. dos S.; MERGEN JUNIOR, C.A.; BENEDET, L.; PEREIRA, M.G.; PICCOLO, M de C.;

BRUNETTO, G.; LOVATO, P.E.; COMIN, J.J. Carbon, nitrogen and natural abundance of ^{13}C and ^{15}N in biogenic and physicogenic aggregates in a soil with 10 years of pig manure application. **Soil & Tillage Research**, v.166, 2017, p. 52-58

LOURENZI, C. R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L. S. da; TRENTIN, G. GIROTTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under sucessive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1827-1836, 2011

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; GIROTTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nutrients in layers of soil under no-tillage treated with successive applications of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.157-167, 2013

LOURENZI, C.R. **Dejetos de suínos: produção de culturas, efeitos na matéria orgânica e na transferência nas formas de fósforo**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2014, 127 p.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; LORENSINI, F.; CANCIAN, A.; STEFANELLO, L.; GIROTTTO, E.; VIEIRA, R.C.B.; FERREIRA, P.A.A.; BRUNETTO, G. Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated sucessive swine effluents applications. **Enviromental Monitoring and Assessment**, v.187, p. 209, 2015

MATOS, A. T. de; FREITAS, W. da S.; LO MONACO, P. A. V. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias na suinocultura. **Ambiente e Água**, v.4, n.2, p.31 – 45, 2009

MATTHIENSEN, A. Parâmetros físicos e químicos da água. In: MATTHIENSEN, A.; KLOCK, A.L.S.; BEDENDO, G.C.; MARTINI, R. **Monitoramento e diagnóstico de qualidade de água superficial**. Florianópolis: 2014, 127 p.

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas bacias hidrográficas de Santa Catarina**.

Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2006, 164 f.

MATTIAS, J.L.; CERETTA, C.A.; NESI, C. N.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C.R.; VIEIRA, R. C.B. Copper, zinc and manganese in soils of two wathersheds in Santa Catarina with intense use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 1445-1454, 2010

MERTEN, G. H. & MINELLA, J. P. G. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, p. 33-38, 2002

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F. de A.; MOURA-BUENO, J.M.; TIECHER, T. Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p. 585 – 598, 2014

MOURA, L.H.A.; BOAVENTURA, G.R.; PINELLI, M.P. A qualidade da água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. **Química Nova**, v.33, n.1, p. 97-103, 2010

MULLER, T.; EICHELBERGER, C.; SPEROTTO, R.A. Qualidade da água de três locais com potenciais fontes de contaminação no Rio Taquari, RS. **Ambiente e Água**, v.11, n1, p. 76-84, 2016

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination oh phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v.27, p. 31-36, 1962

NASCIMENTO, T. S. do; PERREIRA, R. O. L.; DE MELLO, H. L. D.; COSTA, J. Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v.58, n.6, p. 651-664, 2008

NASCIMENTO, E.D. do & ARAÚJO, M. F.F. de Antimicrobial resistance in bacteria isolated from aquatic enviroments in Brazil: a systematic review. **Ambiente e Água**, v.9, n.2, p. 239-249, 2014

NASCIMENTO, E.D. do; MAIA, C. M. de M.; DE ARAÚJO, M. F. F. Contaminação da água de reservatórios do semiárido potiguar por

bactérias de importância médica. **Ambiente e Água**, v.11, n.2, p. 414 – 427, 2016

NASS, D. P. O conceito de poluição. **Revista Eletrônica de Ciências**, n.13, p.1-2, 2002

NOGUEIRA, D.J.; CASTRO, S.C. de; DE SÁ, O. R. Avaliação da qualidade da água no reservatório UHE Furnas - MG, utilizando as brânquias de *Pimelodus maculatus* (LACÈPÈDE, 1803) como biomarcador de poluição ambiental. **Revista Ciência et Praxis**, v.1, n.1, p. 15 – 20, 2008

PANDOLFO, C.M.; CERETTA, C.A.; VEIGA, M. da; MASSIGNAM, A.M. Análise técnica de fontes de nutrientes associadas a sistema de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 759 – 768, 2008

PERREIRA, L.P.F. & MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.31, n.1, p. 81-88, 2005

PILLON, C.N.; SANTOS, D.C. dos; LIMA, C.L.R. de; ANTUNES, L.O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. **Ciência Rural**, v.41, n.3, p. 447-453, 2011

PINHEIRO, A.; ALVES, T.C.; KAUFMANN, V.; SILVA, M.R. da; CASTRO, N.M. dos R. Antibióticos veterinários e hormônios em águas em área de aplicação de dejetos na suinocultura. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.3, p. 639-646, 2015

PINTO, M.A.P.; FABBRIS, A.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; GIROTTO, E. Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.2, p. 205-212, 2014

PORTO, L.C.S. & ETHUR, E.M. Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.39, n.9, p. 2512 – 2518, 2009

RESENDE, Á. V. de. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Documentos Embrapa Cerrados, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002, 29 p.

SCHERER, E. E.; NESI, C.N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.34, p. 1375-1383, 2010

SILVA, F.F.P.; SANTOS, MA.A.; SCHMIDT, V. Resistência a antimicrobianos de *Escherichia coli* isolada de dejetos suínos em esterqueiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.3, p. 762-765, 2008.

SILVA, F.C. (Org.) **Digestão nitroperclórica: manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.

SILVA, L. S. da. **Dinâmica da matéria orgânica e a interação com componentes inorgânicos na planta e no solo**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2001, 167 f.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. de A. *et. al.*(Org.) **Fundamento da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. rev., Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 597-624.

SILVA, M. C. de A.; MONTEGGIA, L.O.; MIRANDA, L.A.; THEWES, M.R. Avaliação da viabilidade de utilização de colifagos como indicadores de poluição fecal: suas relações com parâmetros físicos e químicos e indicadores bacterianos. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.4, p. 645 – 652, 2015

SILVEIRA, F. M.; FAVARETTO, N.; DIECKOW, J.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F.M.; SILVA, E.D.B. Dejeito líquido de bovino em plantio direto: perda de Carbono e Nitrogênio por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 1759-1767, 2011

SOUZA, L. R. de S. A modernização conservadora da agricultura brasileira, agricultura familiar, agroecologia e pluriatividade: diferentes

ólicas de entendimento e de construção do espaço rural brasileiro. **Cuaderno Desarrollo Rural**, v. 8, nº 67, p. 231-249, 2011.

SOUZA, J. A. R. de; MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N.M.; CARVALHO, W. B. de; MIRANDA E CARVALHO, C.V. Análise das condições de potabilidade das águas de surgências em Ubá, MG. **Ambiente e Água**, v. 10, n.03, p. 614-620, 2015

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico nº 5, 2ª ed. rev. e amp., Porto Alegre: Departamento de Solo, UFRGS, 1995, 174 p.

TERRA, V.R.; PRATTE-SANTOS, R.; ALIPRANDI, R.B.; BARCELOS, F.F.; MARBACH, P.A.S; MARTINS, J.L.D.; AZEVEDO JUNIOR, R.R.; BARBIÉRI, R.S. Estudo limnológico visando avaliação da qualidade das águas do Rio Jucu Braço do Norte, ES. **Natureza on-line**, v.8, n.1, p. 8 -13, 2010

THEBALDI, M.S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A.B.; ROCHA, M. S. da; NETO, S.A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.302-309, 2011

TIECHER, T.L.; CERETTA, C.A.; COMIN, J.J.; GIROTTTO, E.; MIOTTO, A.; MORAES, M.P.; BENEDET, L.; FERREIRA, P.A.A.; LOURENZI, C.R.; COUTO, R. da R.; BRUNETTO, G. Forms and accumulation of copper and zinc in a Sandy Typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 812-824, 2013

TITO, G.A.; CHAVES, L. H.G.; GUERRA, H.O.C. Mobilidade do zinco e do cobre em Argissolo com aplicação de argila bentonita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p. 938 – 945, 2012

UBERTI, A.A.A. **Santa Catarina: proposta de divisão territorial em regiões edafoambientais homogêneas**. Tese do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005, 185 p.

VEIGA, M. da; PANDOLFO, C.M.; DORTZBACH, D.; ARAUJO, I. S. Atributos físicos do solo em glebas com aplicação continuada de dejetos líquido de suínos. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, n.2, p. 74-78, 2012

ZUCCO, E.; PINHEIRO, A.; SOARES, P.A. Concentração de nutrientes e de carbono transportados por ondas de cheia em uma bacia agrícola no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.2, p. 369-378, 2015.

Anexo 1. Parâmetros químicos da água – Fósforo

Col.	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
P total, mg L ⁻¹																
1ª	0,27	0,24	0,25	0,25	0,27	0,29	0,29	0,31	0,30	0,30	0,29	0,29	0,19	0,29	0,20	0,21
2ª	0,18	0,18	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,23	0,23
3ª	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,42	0,27	1,20	0,25	0,26	0,25	0,27	0,25	0,25	0,25
4ª	0,24	0,24	0,24	0,23	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,30	0,29	0,29	0,32	0,29	0,28	0,28
5ª	0,10	0,19	0,13	0,19	0,07	0,11	0,07	0,12	0,09	0,12	0,25	0,26	0,23	0,26	0,18	0,15
M	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,44	0,42	0,60	0,42	0,45	0,45	0,47	0,45	0,43	0,42
DP	±0,5	±0,4	±0,5	±0,4	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,6	±0,5	±0,5	±0,5	±0,6	±0,5	±0,5	±0,5
P dissolvido, mg L ⁻¹																
1ª	0,02	0,06	0,01	0,26	0,08	0,14	0,25	0,27	0,45	0,68	0,01	0,25	0,16	0,25	0,21	0,24
2ª	0,03	0,03	0,06	0,08	0,01	0,07	0,09	0,20	1,66	0,06	0,04	0,20	0,04	0,20	0,22	0,25
3ª	0,93	0,04	0,15	0,75	0,35	0,06	0,21	0,82	0,57	0,78	1,52	0,21	0,24	0,21	0,29	0,31
4ª	0,02	0,03	0,16	0,07	0,01	0,03	0,08	0,03	0,19	0,10	0,18	0,01	0,03	0,01	0,37	0,32
5ª	0,05	0,13	0,01	0,03	0,00	0,05	0,01	0,01	0,01	0,44	0,03	0,26	0,14	0,26	0,21	0,23
M	0,21	0,06	0,08	0,24	0,09	0,07	0,13	0,27	0,58	0,41	0,36	0,18	0,12	0,18	0,26	0,27
DP	±0,4	±0,0	±0,1	±0,3	±0,1	±0,0	±0,1	±0,3	±0,6	±0,3	±0,7	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,0
P particulado, mg L ⁻¹																
1ª	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,03	0,04	0,00	0,00
2ª	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,14	0,00	0,01	0,00
3ª	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,03	0,04	0,00	0,00
4ª	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,29	0,28	0,00	0,00
5ª	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,22	0,0	0,09	0,04	0,06	0,01
M	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,78	0,5	0,68	0,55	0,58	0,45
DP	±0,6	±0,5	±0,5	±0,4	±0,5	±0,5	±0,5	±0,6	±0,5	±0,6	±0,6	±0,7	±0,6	±0,7	±0,5	±0,5

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 2. Parâmetros químicos da água – Cálcio

Col.	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Ca total, mg L ⁻¹																
1 ^a	0,27	0,27	0,27	0,21	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,54	0,27
2 ^a	1,62	1,10	0,27	0,99	0,27	0,27	0,62	0,02	1,56	0,27	2,02	1,12	1,33	1,12	1,10	0,89
3 ^a	0,27	1,62	0,81	4,59	0,54	0,27	0,27	1,35	1,35	0,27	1,35	1,08	1,89	1,08	0,54	0,27
4 ^a	4,86	4,59	4,59	5,13	4,59	4,59	4,59	4,59	4,32	4,32	4,59	4,59	5,67	4,59	4,59	4,59
5 ^a	5,67	3,40	3,00	3,60	2,20	2,50	5,40	2,70	4,14	1,60	2,40	1,50	2,30	1,50	1,89	1,50
M	5,18	4,54	4,48	4,91	4,00	4,05	4,27	4,10	4,93	3,94	4,16	4,16	4,54	4,16	4,43	4,05
DP	±0,3	±1,7	±1,0	±2,8	±1,9	±1,7	±1,4	±2,0	±0,6	±1,8	±2,0	±1,8	±2,3	±1,8	±1,3	±1,7
Ca dissolvido, mg L ⁻¹																
1 ^a	0,18	0,18	0,17	0,21	0,02	0,09	0,18	0,15	0,12	0,09	0,23	0,22	0,27	0,22	0,20	0,21
2 ^a	1,62	1,10	0,02	0,99	0,00	0,14	0,62	0,02	1,56	0,00	2,02	1,12	1,33	1,12	1,10	0,89
3 ^a	0,21	0,16	0,08	0,17	0,03	0,09	0,10	0,08	0,23	0,06	0,22	0,18	0,16	0,18	0,17	0,21
4 ^a	0,32	0,24	0,21	0,19	0,16	0,10	0,15	0,15	0,20	0,17	0,22	0,29	0,33	0,29	0,28	0,25
5 ^a	3,20	3,40	3,00	3,60	2,20	2,50	5,40	2,70	1,70	1,60	2,40	1,50	2,30	1,50	1,60	1,50
M	1,11	1,02	0,69	1,03	0,48	0,58	1,29	0,67	0,76	0,39	1,02	0,66	0,88	0,66	0,67	0,61
DP	±1,2	±1,3	±1,2	±1,4	±0,9	±0,1	±2,1	±1,0	±0,7	±0,6	±1,0	±0,6	±0,9	±0,6	±0,6	±0,5
Ca particulado, mg L ⁻¹																
1 ^a	0,09	0,09	0,10	0,00	0,25	0,18	0,09	0,12	0,15	0,18	0,04	0,05	0,00	0,05	0,34	0,06
2 ^a	0,00	0,00	0,25	0,00	0,27	0,13	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 ^a	0,06	1,46	0,73	4,42	0,51	0,18	0,17	1,27	1,12	0,21	1,13	0,90	1,73	0,90	0,37	0,06
4 ^a	4,54	4,35	4,38	4,94	4,43	4,49	4,44	4,44	4,12	4,15	4,37	4,30	5,34	4,30	4,31	4,35
5 ^a	2,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00
M	4,08	3,93	3,90	4,49	3,90	3,80	3,73	3,92	4,17	3,77	3,56	3,56	4,06	3,56	3,76	3,58
DP	±0,9	±2,1	±2,0	±2,9	±2,0	±1,9	±1,9	±2,1	±1,1	±1,9	±2,0	±2,0	±2,3	±2,0	±1,8	±1,8

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1^a coleta: 20/07/2015; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 24/06/2016.

Anexo 3. Parâmetros químicos da água – Magnésio.

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
								Mg total, mg L ⁻¹								
1ª	6,48	6,46	0,67	2,25	1,43	2,88	3,29	1,34	4,30	1,36	3,08	4,20	4,71	4,20	47,61	4,07
2ª	1,27	1,72	0,88	1,48	1,27	0,92	3,55	0,75	4,65	1,27	4,72	3,70	5,14	3,70	9,30	2,63
3ª	9,08	5,35	0,73	6,77	1,98	1,59	2,26	29,76	4,19	7,49	8,77	27,43	5,32	27,43	4,40	2,60
4ª	3,09	6,53	1,36	1,13	1,31	7,52	2,66	1,13	129,7	1,77	10,19	3,17	1,01	3,17	9,56	2,28
5ª	0,44	2,45	0,42	0,42	2,88	0,40	0,27	0,65	1,92	0,49	3,04	1,75	0,62	1,75	1,71	1,55
M	4,07	4,50	1,18	2,41	1,77	2,66	2,41	6,73	28,9	2,47	5,96	8,05	3,36	8,05	14,5	2,63
DP	±3,4	±2,1	±0,6	±2,3	±0,6	±2,7	±1,2	±11,9	±52,2	±2,7	±3,0	±10,0	±2,1	±10,0	±17,4	±0,8
								Mg dissolvido mg L ⁻¹								
1ª	7,95	2,38	0,98	1,35	0,90	1,31	1,48	0,82	1,03	0,90	1,72	2,17	1,15	2,17	1,56	1,39
2ª	6,00	3,06	1,28	2,35	1,59	1,41	1,92	1,41	2,22	1,11	1,98	2,01	1,97	2,01	2,06	1,94
3ª	5,41	2,13	0,61	1,35	0,61	0,61	0,94	0,49	1,92	0,45	0,94	1,35	1,35	1,35	1,31	1,96
4ª	0,69	0,61	0,32	0,82	0,94	1,34	0,98	1,80	2,30	1,55	1,63	1,47	0,82	1,47	1,43	1,31
5ª	0,08	0,62	0,48	0,58	0,12	0,04	0,13	0,05	0,05	1,25	1,17	0,97	1,21	0,97	1,54	2,13
M	4,07	1,77	0,77	1,23	0,85	0,96	1,10	0,92	1,52	1,06	1,53	1,61	1,31	1,61	1,59	1,76
DP	±3,2	±1,0	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5	±0,6	±0,6	±0,9	±0,3	±0,4	±0,4	±0,4	±0,4	±0,3	±0,3
								Mg particulado, mg L ⁻¹								
1ª	0,00	4,09	0,00	0,90	0,53	1,57	1,82	0,52	3,28	0,46	1,36	2,03	3,56	2,03	46,05	2,68
2ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	0,00	2,36	0,13	2,68	1,62	3,11	1,62	7,18	0,63
3ª	3,67	3,22	0,11	5,42	1,36	0,97	1,32	29,27	2,27	7,04	7,83	26,08	3,96	26,08	3,09	0,64
4ª	2,39	5,92	1,03	0,31	0,36	6,12	1,67	0,00	127,4	0,21	8,43	1,69	0,19	1,69	8,12	0,97
5ª	0,36	1,87	1,65	0,00	2,76	0,36	0,14	0,61	1,87	0,00	1,86	0,78	0,00	0,78	0,00	0,00
M	1,29	3,02	0,56	1,33	1,00	1,80	1,30	6,08	27,44	1,57	4,43	6,44	2,16	6,44	12,92	0,98
DP	±1,5	±2,0	±0,7	±2,1	±1,0	±2,3	±0,6	±12,0	±51,8	±2,8	±3,1	±10,1	±1,7	±10,1	±17,4	±0,9

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 4. Parâmetros químicos da água – Potássio

Col.	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
K total, mg L ⁻¹																
1 ^a	9,8	5,3	5,9	9,5	4,1	3,5	7,4	3,7	6,8	4,4	26,0	8,4	10,0	8,4	7,8	7,1
2 ^a	13,1	4,2	3,7	6,5	2,7	3,3	5,8	7,4	8,1	4,7	17,4	7,4	12,0	7,4	6,9	5,8
3 ^a	16,7	7,9	3,7	7,7	5,1	3,6	5,7	4,7	7,4	6,2	17,4	7,2	10,6	7,2	7,8	5,3
4 ^a	16,7	9,1	5,6	9,9	9,7	6,6	16,0	5,8	10,2	7,8	6,6	57,9	10,2	57,9	7,4	13,8
5 ^a	4,8	2,0	4,6	4,6	1,5	0,8	2,6	1,3	5,7	1,7	9,6	4,3	3,6	4,3	3,7	3,1
M	12,2	5,7	4,7	7,6	4,6	3,5	7,5	4,4	7,6	5,0	15,5	17,0	9,3	17,0	6,7	7,0
D	±4,6	±2,6	±0,9	±2,0	±2,9	±1,9	±4,7	±2,2	±1,7	±2,1	±7,0	±21,2	±3,0	±21,2	±1,6	±3,7
K dissolvido, mg L ⁻¹																
1 ^a	9,8	5,3	5,9	3,5	4,1	3,5	7,4	3,7	6,8	4,4	26,0	8,4	10,0	8,4	7,8	7,1
2 ^a	13,1	4,2	3,7	6,5	2,7	3,3	5,8	7,4	8,1	4,7	17,4	7,4	12,0	7,4	6,9	5,8
3 ^a	16,7	7,9	3,7	7,7	5,1	3,6	5,7	4,7	7,4	6,2	17,4	7,2	10,6	7,2	7,8	5,3
4 ^a	16,7	9,1	5,6	9,9	3,2	6,6	16,0	5,8	10,2	7,8	6,6	1,8	3,8	1,8	7,2	9,5
5 ^a	2,5	2,0	4,6	4,6	1,5	0,7	2,6	1,3	5,7	1,7	9,6	4,3	3,6	4,3	3,7	3,1
M	11,7	5,7	4,7	6,4	3,3	3,5	7,5	4,4	7,6	5,0	15,5	5,8	8,0	5,8	6,6	6,1
DP	±5,4	±2,6	±0,9	±2,3	±1,2	±1,9	±4,7	±2,2	±1,7	±2,1	±7,0	±2,5	±3,7	±2,5	±1,5	±2,1
K particulado, mg L ⁻¹																
1 ^a	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 ^a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 ^a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 ^a	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,2	6,5	56,2	0,4	4,4
5 ^a	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M	0,4	0,0	0,0	1,2	1,1	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	12,1	1,2	12,1	0,0	0,8
DP	±1,0	±0,0	±0,0	±2,8	±2,4	±0,5	±0,0	±0,0	±0,9	±0,0	±0,0	±27,2	±2,8	±27,2	±0,0	±1,9

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1^a coleta: 20/07/2015; 2^a coleta: 20/10/2015; 3^a coleta: 05/12/2015; 4^a coleta: 21/03/2016; 5^a coleta: 24/06/2016.

Anexo 5. Parâmetros químicos da água – Sódio

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Na total, mg L ⁻¹																
1ª	4,10	2,15	12,9	4,30	1,30	2,00	1,70	2,10	6,21	1,80	4,20	2,75	1,50	2,75	3,78	2,50
2ª	6,10	3,30	3,30	2,90	0,90	1,80	1,80	2,10	7,40	1,40	9,70	2,90	0,90	2,90	2,45	2,70
3ª	4,37	3,51	2,97	3,33	3,51	3,78	2,61	7,02	5,94	3,51	4,50	2,50	1,10	2,50	2,70	3,20
4ª	3,80	2,50	1,50	1,90	5,20	2,40	2,50	2,70	4,50	2,50	3,40	6,60	50,67	6,60	3,80	3,60
5ª	2,50	2,70	1,62	1,50	1,89	2,16	2,16	1,89	6,48	1,89	3,51	2,70	1,62	2,70	2,70	2,43
M	4,17	2,83	4,47	2,79	2,56	2,43	2,15	3,16	6,11	2,22	5,06	3,49	11,16	3,49	3,09	2,89
DP	±1,2	±0,5	±4,4	±1,0	±1,6	±0,7	±0,3	±2,0	±0,9	±0,7	±2,4	±1,6	±20,4	±1,6	±0,6	±0,4
Na dissolvido, mg L ⁻¹																
1ª	4,10	2,15	1,95	4,30	1,30	2,00	1,70	2,10	1,80	1,80	4,20	2,75	1,50	2,75	2,30	2,50
2ª	6,10	3,30	3,30	2,90	0,90	1,80	1,80	2,10	7,40	1,40	9,70	2,90	0,90	2,90	2,45	2,70
3ª	4,37	2,20	1,10	1,53	0,80	1,80	1,70	2,17	3,70	1,90	4,50	2,50	1,10	2,50	2,70	3,20
4ª	3,80	2,50	1,50	1,90	5,20	2,40	2,50	2,70	4,50	2,50	3,40	6,60	1,40	6,60	3,80	3,60
5ª	2,50	1,20	1,10	1,50	0,70	1,10	1,60	1,50	6,00	1,10	3,20	2,60	0,80	2,60	2,10	2,00
M	4,17	2,27	1,79	2,43	1,78	1,82	1,86	2,11	4,86	1,74	5,00	3,47	1,14	3,47	2,67	2,80
DP	±1,2	±0,7	±0,8	±1,1	±1,7	±0,4	±0,3	±0,3	±2,0	±0,4	±2,4	±1,6	±0,2	±1,6	±0,6	±0,5
Na particulado, mg L ⁻¹																
1ª	0,00	0,00	11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	0,00
2ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3ª	0,00	1,31	1,87	1,80	2,71	1,98	0,91	4,85	2,24	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,2	0,00	0,00	0,00
5ª	0,00	1,50	0,52	0,00	1,19	1,06	0,56	0,39	0,48	0,79	0,31	0,10	0,82	0,10	0,60	0,43
M	0,00	0,56	2,68	0,36	0,78	0,64	0,29	1,05	1,43	0,52	0,06	0,02	10,02	0,02	0,42	0,09
DP	±0,0	±0,7	±4,3	±0,7	±1,1	±0,8	±0,3	±1,9	±1,8	±0,6	±0,1	±0,0	±20,3	±0,0	±0,6	±0,1

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 6. Parâmetros químicos da água – Cobre

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Cu total, mg L ⁻¹																
1ª	0,49	0,30	8,10	1,08	0,98	0,86	0,05	0,25	0,00	1,54	0,40	0,63	0,27	0,63	0,19	0,14
2ª	0,03	0,02	0,08	3,03	0,01	0,44	0,27	1,43	0,09	0,52	0,00	0,77	0,01	0,77	0,76	0,41
3ª	1,14	0,27	0,43	0,34	0,00	0,24	0,45	0,20	0,13	2,59	0,22	0,31	0,41	0,31	0,28	0,19
4ª	21,6	0,79	0,23	0,01	0,00	0,04	1,82	0,48	0,00	0,40	0,00	0,00	21,34	0,00	0,00	0,04
5ª	0,07	0,00	0,18	0,83	0,25	0,33	0,05	0,00	0,00	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11
M	4,67	1,81	1,06	0,28	0,25	0,38	0,52	0,47	0,05	1,06	0,13	0,34	4,41	0,34	0,27	0,18
DP	±8,7	±3,2	±1,0	±0,3	±0,3	±0,2	±0,7	±0,5	±0,0	±0,9	±0,1	±0,3	±8,7	±0,3	±0,2	±0,1
Cu dissolvido, mg L ⁻¹																
1ª	0,82	0,50	0,51	0,57	0,45	0,52	0,53	0,45	0,73	0,47	0,46	0,58	0,50	0,58	0,57	0,51
2ª	0,08	0,12	0,07	0,08	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	0,17	0,16
3ª	0,31	0,29	0,30	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,29	0,30
4ª	0,30	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,29	0,29	0,31	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	0,30	0,29
5ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04
M	0,30	0,23	0,25	0,24	0,23	0,25	0,26	0,23	0,29	0,27	0,24	0,26	0,25	0,26	0,27	0,27
DP	±0,3	±0,1	±0,2	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,2	±0,1	±0,1	±0,2	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Cu particulado, mg L ⁻¹																
1ª	0,00	0,00	7,59	0,51	0,53	0,34	0,00	0,00	0,00	1,08	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
2ª	0,00	0,00	0,01	2,96	0,00	0,32	0,15	1,31	0,00	0,38	0,00	0,62	0,00	0,62	0,59	0,25
3ª	0,83	0,00	0,14	0,05	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	2,30	0,00	0,02	0,11	0,02	0,00	0,00
4ª	21,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	0,15	0,00	0,11	0,00	0,00	21,05	0,00	0,00	0,00
5ª	0,07	0,00	0,18	0,83	0,25	0,33	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11
M	4,44	1,58	0,87	0,10	0,16	0,20	0,36	0,29	0,00	0,78	0,01	0,14	4,23	0,14	0,13	0,07
DP	±8,7	±3,1	±1,1	±0,2	±0,2	±0,1	±0,6	±0,5	±0,0	±0,8	±0,0	±0,2	±8,7	±0,2	±0,2	±0,1

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 7. Parâmetros químicos da água – Zinco

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Zn total, mg L ⁻¹																
1ª	0,43	0,29	0,30	0,29	0,36	0,30	0,33	0,32	0,32	0,39	0,29	0,32	0,63	0,32	0,51	0,29
2ª	0,29	0,34	0,30	0,33	0,29	0,28	0,45	0,41	0,35	0,30	0,28	0,43	0,29	0,43	0,43	0,29
3ª	0,38	0,51	0,53	0,72	0,55	0,41	0,34	0,33	0,28	0,36	0,32	0,32	0,31	0,32	0,32	0,31
4ª	0,57	0,28	0,30	0,28	0,29	0,28	0,29	0,27	0,27	0,28	0,29	0,31	0,29	0,31	0,28	0,27
5ª	0,07	0,18	0,83	0,00	0,25	0,33	0,00	0,00	0,00	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11
M	1,11	0,99	1,30	0,92	1,01	0,88	0,78	0,78	0,69	0,79	0,74	0,76	0,81	0,76	0,80	0,72
DP	±1,1	±1,0	±1,2	±0,9	±1,0	±0,7	±0,6	±0,7	±0,6	±0,6	±0,7	±0,7	±0,6	±0,7	±0,6	±0,6
Zn dissolvido, mg L ⁻¹																
1ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DP	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0
Zn particulado, mg L ⁻¹																
1ª	0,43	0,29	0,30	0,29	0,36	0,30	0,33	0,32	0,32	0,39	0,29	0,32	0,63	0,32	0,51	0,29
2ª	0,29	0,34	0,30	0,33	0,29	0,28	0,45	0,41	0,35	0,30	0,28	0,43	0,29	0,43	0,43	0,29
3ª	0,38	0,51	0,53	0,72	0,55	0,41	0,34	0,33	0,28	0,36	0,32	0,32	0,31	0,32	0,32	0,31
4ª	0,57	0,28	0,30	0,28	0,29	0,28	0,29	0,27	0,27	0,28	0,29	0,31	0,29	0,31	0,28	0,27
5ª	0,07	0,18	0,83	0,00	0,25	0,33	0,00	0,00	0,00	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11
M	1,11	0,99	1,30	0,92	1,01	0,88	0,78	0,78	0,69	0,79	0,74	0,76	0,81	0,76	0,80	0,72
DP	±1,1	±1,0	±1,2	±0,9	±1,0	±0,7	±0,6	±0,7	±0,6	±0,6	±0,7	±0,7	±0,6	±0,7	±0,6	±0,6

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 8. Parâmetros químicos da água – Manganês

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Mn total, mg L ⁻¹																
1ª	0,83	0,50	0,51	0,57	0,45	0,52	0,53	0,45	0,73	0,47	0,46	0,58	0,50	0,58	0,57	0,51
2ª	1,19	0,46	0,51	0,54	0,44	0,49	0,43	0,43	0,67	0,44	0,45	0,58	0,46	0,58	0,50	0,50
3ª	0,91	0,50	0,46	0,50	0,46	0,50	0,46	0,45	0,60	0,47	0,44	0,48	0,45	0,48	0,49	0,43
4ª	0,89	0,47	0,45	0,48	0,44	0,44	0,45	0,45	0,59	0,46	0,44	0,46	0,50	0,46	0,45	0,42
5ª	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
M	0,69	0,39	0,38	0,42	0,37	0,39	0,37	0,35	0,52	0,37	0,36	0,42	0,38	0,42	0,40	0,37
DP	±0,3	±0,1	±0,2	±0,2	±0,1	±0,2	±0,2	±0,1	±0,2	±0,1	±0,1	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2
Mn dissolvido, mg L ⁻¹																
1ª	0,83	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2ª	1,19	0,50	0,48	0,40	0,48	0,51	0,51	0,45	0,42	0,47	0,47	0,54	0,49	0,54	0,45	0,53
3ª	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5ª	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
M	0,51	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09	0,09	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11
DP	±0,4	±0,2	±0,2	±0,1	±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±0,1	±0,1	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±0,2
Mn particulado, mg L ⁻¹																
1ª	0,00	0,50	0,47	0,57	0,45	0,52	0,53	0,45	0,73	0,47	0,46	0,58	0,50	0,58	0,57	0,51
2ª	0,00	0,00	0,03	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,05	0,00
3ª	0,36	0,50	0,46	0,50	0,46	0,50	0,46	0,45	0,60	0,47	0,44	0,48	0,45	0,48	0,49	0,53
4ª	0,89	0,47	0,45	0,48	0,44	0,44	0,46	0,45	0,59	0,46	0,44	0,46	0,50	0,46	0,45	0,52
5ª	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M	0,25	0,30	0,29	0,34	0,28	0,29	0,29	0,27	0,43	0,28	0,27	0,31	0,29	0,31	0,31	0,27
DP	±0,3	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 9. Parâmetros químicos da água – Carbono

Col	Propriedade 1				Propriedade 2			Propriedade 3			Propriedade 4			Rio		
	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	PA3	N3	A3	PA4	R1	A4	R1	R2	R3
Carbono orgânico total, mg L ⁻¹																
1ª	17,6	13,4	18,0	15,0	13,0	11,5	13,4	6,9	11,1	9,6	9,2	11,5	10,7	11,5	19,2	16,1
2ª	7,3	21,9	6,5	8,4	21,5	24,6	38,0	49,2	37,6	34,2	51,9	27,3	25,7	27,3	34,6	25,7
3ª	8,4	8,4	8,8	10,7	9,2	11,9	15,7	24,2	20,0	20,0	21,5	20,7	18,4	20,7	21,5	19,2
4ª	18,0	5,3	7,6	5,7	1,1	0,3	5,3	8,8	7,3	6,9	2,3	3,8	8,4	3,8	8,4	8,0
5ª	12,8	13,3	13,3	73,3	10,9	16,6	9,0	13,8	10,4	17,1	7,6	21,4	100,4	21,4	12,3	11,4
M	12,6	10,6	22,4	12,2	10,9	12,7	16,1	20,3	17,1	17,3	18,2	16,7	32,5	16,7	19,0	15,9
DP	±5,4	±4,7	±27,9	±7,1	±6,8	±8,0	±11,4	±17,4	±11,0	±9,6	±18,3	±8,6	±62,3	±8,6	±9,2	±6,7
Carbono orgânico dissolvido, mg L ⁻¹																
1ª	8,8	7,3	8,8	9,2	6,1	5,7	8,4	4,2	5,3	6,1	2,3	0,0	3,0	0,0	8,8	6,5
2ª	3,8	10,0	4,2	6,5	0,6	0,1	20,7	21,9	25,3	27,3	19,6	13,0	19,6	13,0	18,8	14,6
3ª	4,2	2,3	5,7	3,4	4,2	3,8	3,4	0,5	3,4	2,6	0,0	4,2	18,4	4,2	14,6	13,8
4ª	1,1	1,1	3,8	3,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	3,4	0,0	1,9	4,6	1,9	1,5	2,6
5ª	5,7	6,1	8,1	8,1	6,6	1,9	5,2	4,2	2,8	6,6	2,8	10,0	13,3	10,0	5,7	2,3
M	4,5	5,9	5,4	5,5	3,4	2,0	7,4	5,9	7,1	9,0	4,2	5,6	11,5	5,6	9,6	7,7
DP	±2,8	±2,8	±2,2	±3,7	±3,2	±2,7	±7,1	±8,0	±9,0	±9,1	±7,2	±4,9	±6,9	±4,9	±6,3	±5,4
Carbono orgânico particulado, mg L ⁻¹																
1ª	8,8	4,2	9,2	7,6	6,9	5,7	5,0	2,6	5,7	3,4	6,9	11,5	7,6	11,5	10,3	6,9
2ª	3,4	11,9	2,3	1,9	20,8	24,3	17,3	27,3	12,3	6,9	32,3	14,2	6,1	14,2	15,7	11,1
3ª	4,2	6,1	3,0	7,3	5,0	8,0	12,3	23,6	16,5	17,3	21,5	16,5	0,0	16,5	6,9	5,3
4ª	16,9	4,2	3,8	2,6	1,1	0,3	5,0	8,8	7,3	3,4	2,3	1,9	3,8	1,9	6,9	5,3
5ª	7,1	7,1	5,2	65,2	4,2	14,7	3,8	9,5	7,6	10,4	4,7	11,4	87,4	11,4	6,6	9,0
M	8,1	4,7	16,9	6,7	7,5	10,8	8,6	14,4	9,9	8,3	13,5	11,2	20,9	11,2	9,3	8,1
DP	±5,4	±3,0	±26,7	±4,5	±7,0	±8,9	±5,6	±13,0	±4,4	±5,5	±12,3	±5,3	±61,8	±5,3	±4,6	±4,5

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 10. Parâmetros químicos do solo

Prof., cm	PA1.1	PA1.2	A1.1	A1.2	PA2	N2	A2	A3	PA4	A4
Carbono, g kg ⁻¹										
0-5	9,92 ab	23,35 a	20,65 ab	2,22 c	36,20 a	18,86 a	39,91 a	44,77 a	34,89 a	13,04 ab
5-10	6,59 b	10,46 b	29,12 a	3,35 c	26,41 a	15,41 a	30,65 bc	23,84 c	21,01 b	9,12 b
10-20	8,00 b	7,70 b	12,68 b	8,09 b	25,67 a	14,55 a	23,85 c	9,19 d	17,33 b	15,27 a
20-40	13,93 a	30,08 a	14,38 b	22,59 a	34,04 a	4,12 b	31,19 b	31,81 b	12,85 b	11,76 ab
CV, %	21,69	16,24	21,73	16,93	19,31	22,90	8,49	9,27	16,84	14,96
CTC _{efetiva} , cmol _c kg ⁻¹										
0-5	9,08 a	6,83 a	11,63 a	7,94 a	11,81 a	5,95 a	13,15 a	6,58 a	15,10 a	8,99 a
5-10	4,80 b	6,78 a	8,49 b	8,59 a	8,49 b	5,46 a	7,05 b	6,56 a	16,37 a	12,72 a
10-20	5,01 b	6,25 a	7,53 b	6,97 a	8,22 b	4,83 a	5,44 b	6,12 a	8,54 b	10,26 a
20-40	8,33 a	5,18 a	7,14 b	8,91 a	6,70 b	4,81 a	6,36 b	5,36 a	16,90 a	9,45 a
CV, %	10,45	20,66	13,54	15,21	13,46	22,84	8,94	14,40	14,15	18,95
CTC _{pH7,0} , cmol _c kg ⁻¹										
0-5	11,18 a	9,47 a	15,78 a	10,99 a	13,88 a	9,12 a	15,84 a	10,20 a	17,63 ab	12,27 a
5-10	7,79 bc	8,38 a	10,58 ab	10,84 a	10,83 a	8,12 a	9,23 b	10,02 a	19,29 a	15,63 a
10-20	7,02 c	8,17 a	9,06 b	9,56 a	10,63 a	6,92 a	10,12 b	7,77 a	11,50 b	12,06 a
20-40	11,13 ab	7,60 a	10,71 ab	12,09 a	11,91 a	7,68 a	10,22 b	9,86 a	18,46 ab	11,66 a
CV, %	13,86	18,77	19,89	17,82	17,58	25,24	12,00	29,00	16,56	22,11

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente; R: rio. 1ª coleta: 20/07/2015; 2ª coleta: 20/10/2015; 3ª coleta: 05/12/2015; 4ª coleta: 21/03/2016; 5ª coleta: 24/06/2016.

Anexo 11. Granulometria dos solos avaliados.

Módulo 11: Granulometria dos solos avançados					
Pontos	Fração	Profundidades, cm			
		0-5	5-10	10-20	20-40
		g kg ⁻¹			
PA1.1	Areia	569	592	613	531
	Argila	136	206	222	263
	Silte	295	202	165	206
PA1.2	Areia	705	446	363	373
	Argila	236	389	428	320
	Silte	59	165	209	307
A1.1	Areia	558	625	545	550
	Argila	182	89	211	242
	Silte	260	286	244	208
A1.2	Areia	426	329	327	397
	Argila	197	109	230	369
	Silte	377	562	443	234
PA2	Areia	573	507	434	360
	Argila	258	361	425	516
	Silte	168	131	140	123
N2	Areia	606	631	574	504
	Argila	161	238	175	278
	Silte	232	130	250	217
A2	Areia	389	439	409	388
	Argila	201	335	443	369
	Silte	409	225	147	242
A3	Areia	597	571	498	573
	Argila	217	314	288	240
	Silte	186	115	214	188
PA4	Areia	269	446	443	416
	Argila	242	230	287	330
	Silte	488	323	269	253
A4	Areia	500	453	421	420
	Argila	282	475	404	423
	Silte	217	71	174	156

PA: poço de abastecimento; A: açude; N: nascente.